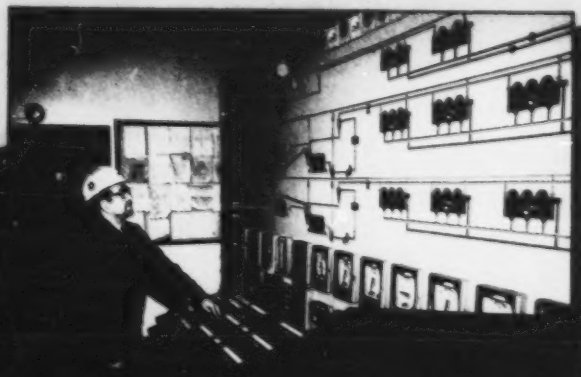
CANMET

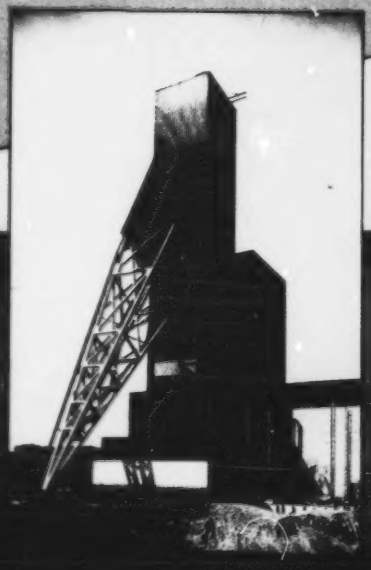
Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

Canada Centre for Mineral and Energy Technology

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT DANS LE SECTEUR DES MINÉRAUX

Margot J. Wojciechowski





Canada

L'ENERGIE DE NOS RESSOURCES - NOTRE FORCE CRÉATRICE

THE ENERGY OF OUR RESOURCES - THE POWER OF OUR IDEAS

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT DANS LE SECTEUR DES MINÉRAUX

Margot J. Wojciechowski
Centre for Resource Studies
Université Queen's
KINGSTON (Ontario)
K7L 3N6

Rapport CANMET CM89-2F

Août 1989

91-01014/

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1989

En vente au Canada par l'entremise des

librairies associées
et autres librairies

ou par la poste au :

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
OTTAWA, Canada K1A 0S9

N° de catalogue : M38-13/89-2F
ISBN 0-660-93082-X

AVANT-PROPOS

L'objet de la présente étude est d'examiner les tendances dans le financement de la recherche et développement (R-D) dans le secteur des minéraux au Canada. Les activités des gouvernements fédéral et provinciaux, de l'industrie et des universités en matière de R-D sur les minéraux sont présentées. La pertinence de la R-D sur les minéraux est examinée à la lumière de l'importance économique et de l'avenir probable du secteur des minéraux, dans le but d'évaluer les tendances actuelles en matière de financement. Des comparaisons sont faites avec d'autres disciplines universitaires et d'autres secteurs des ressources au Canada, et avec le secteur de la R-D sur les minéraux et l'industrie des minéraux dans sept autres pays de l'OCDE, notamment en Australie, en Finlande, en France, en République fédérale d'Allemagne, en Suède, au Royaume-Uni et aux États-Unis. Ces pays ont adopté différentes approches et différentes attitudes à l'égard de la R-D en général et de la R-D sur les minéraux en particulier, surtout parce que les secteurs des minéraux jouent des rôles différents dans leurs économies. Les comparaisons avec ces pays permettront de mieux comprendre les besoins du Canada en matière de financement de la R-D dans le secteur des minéraux.

Dans la mesure du possible, les thèmes et les conclusions sont étayés de statistiques. Cependant, il est vite apparu au cours de l'étude qu'il était difficile d'établir des données couvrant les différents thèmes ou permettant de tirer des conclusions rapides. Les données utilisées ont été tirées de publications. Ces sources ont été complétées par des compilations spéciales, des entrevues, des visites sur les lieux et une correspondance limitée. Ces données fragmentées doivent être accompagnées de fortes réserves et devraient être utilisées avec circonspection dans la formulation de politiques. Il est essentiel que le lecteur tienne compte :

- de la fiabilité et de la cohérence des données publiées en matière de R-D (qui sont souvent discutables);

- du contexte économique, de l'impact et du stade de cycle de vie des industries minérales considérées, ainsi que des sphères de compétence dans lesquelles s'insèrent les projets de politiques.

Une analyse et un traitement statistique simples des données de R-D ne peuvent facilement répondre à des questions d'ordre politique. Une évaluation et un jugement critiques, basés sur la compréhension, sont des facteurs beaucoup plus importants dans l'élaboration de politiques. Les données constituent simplement la matière première. Nous espérons que la présente étude renfermera des données suffisamment fiables pour répondre à quelques-uns de ces besoins de matière première. L'étude vise également à mieux comprendre les relations et les dynamiques qui sont en jeu dans l'économie, la politique et l'évolution technologique du secteur des minéraux, ainsi que le rôle de la R-D dans ce processus.

Margot Wojciechowski
Centre for Resource Studies
Université Queen's
KINGSTON (Ontario)

RÉSUMÉ DES CONCLUSIONS

Le Canada possède le potentiel pour développer, à long terme, ses richesses minérales et demeurer compétitif sur les marchés d'exportation des minéraux bruts. Par conséquent, le pays doit subventionner la recherche et le développement dans les secteurs de l'exploration minérale et de l'exploitation minière. Cette conclusion se fonde sur le fait qu'il y a raréfaction des ressources et déclin de l'industrie minière dans la plupart des pays mentionnés dans ce rapport, bien que leur compétence en ce domaine soit reconnue à l'échelle internationale. Ces pays dépendent également des importations de minéraux bruts et délaissent les ressources en matières premières au profit des produits de substitution et de l'utilisation plus efficace des produits de base. En raison de ses abondantes richesses naturelles, le Canada devrait suivre une voie différente.

Une importance accrue doit être accordée aux activités de R–D en métallurgie extractive tout en favorisant la protection de la santé et de l'environnement, et l'économie d'énergie. De cette façon, les secteurs de la fonderie et du raffinage seraient avantagés par rapport à ceux des États–Unis et de l'Europe de l'Ouest où une forte augmentation des coûts en raison de la pénurie de matières premières et de ressources énergétiques, et des mesures imposées pour la protection de l'environnement font que de tels investissements dans la R–D sont peu attrayants.

Au Canada, des efforts devraient également être déployés afin de modifier la politique actuelle qui maintient les scientifiques et ingénieurs à l'écart de la gestion et de la formulation des politiques gouvernementales.

Si ces trois initiatives étaient approuvées, le Canada serait en mesure de mettre en valeur ses richesses minérales et d'assurer, à long terme, la viabilité du secteur minéral. Il pourrait tirer profit du déclin des secteurs des minéraux primaires dans d'autres pays et faire face à la concurrence des pays qui sont en voie de développer et de mettre en valeur leurs richesses minérales.

Les opinions exprimées dans ce rapport et dans les études de base sont celles de l'auteur et ne peuvent, en aucun cas, être attribuées au *Centre for Resource Studies* ou à ses commanditaires, ou au Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET).

SUMMARY OF CONCLUSIONS

Canada has the potential for good long-term development of its mineral resources, and needs to maintain a competitive position for crude minerals in export markets. Therefore, Canada should strongly support the mineral exploration and mining sectors. This conclusion is reinforced by the finding that most of the other countries in this study, which represent much of the world's mining technology and mining education expertise, are in or are approaching the decline phase of their mining industries' life cycles. They are also dependent on imported crude minerals, and are turning their R&D focus away from primary resources towards substitution and efficiency in the use of raw materials. This pattern of R&D focus is not appropriate for Canada, although it is in fact being followed.

Canada should stress R&D in extractive metallurgy with a special emphasis on environmental and health aspects and on conservation of energy. This can give Canada a comparative advantage in smelting and refining over the United States and Western Europe, where the cost pressures resulting from dependence on raw materials and energy and from environmental controls make such R&D investments relatively unattractive.

Canada should make special efforts to compensate for and reduce the negative effects of the prevalent separation of scientists and engineers from management and formulators of public policy.

These three initiatives, if adopted, should help Canada to realize the benefits of its mineral endowment, to keep its mineral sector viable for the long term, to take advantage of opportunities arising from the decline of the primary mineral sectors in other countries, and to avoid being left behind by newly emerging countries with mineral potential.

The views expressed in this report and in the background study are those of the author and not necessarily those of the Centre for Resource Studies and its sponsors, or of The Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET).

REMERCIEMENTS

L'auteure remercie le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET) pour avoir commandé et commandité cette étude, ainsi que le Conseil canadien des sciences de la Terre pour avoir commandité une étude parallèle de la R-D en sciences de la Terre. La conduite des deux études en parallèle a permis d'en tirer des avantages synergétiques. L'auteure remercie également les nombreuses personnes qui ont pris le temps de fournir de l'information et des explications au cours des travaux de recherche, tant au Canada que dans les sept pays de l'OCDE où l'enquête a été menée. Des listes incomplètes des personnes qui se sont prêtées à des entrevues ou qui ont fourni de la documentation sont jointes, en annexe, aux études de base. En outre, un certain nombre de personnes ont lu les premières ébauches de l'étude, y allant de commentaires, de corrections à apporter et de conseils. La préparation du rapport final a été possible grâce à leur participation qui a été fort appréciée.

La collaboration soutenue de Holly Lindsay, Nathalie Proulx, Kevin O'Grady et Tony Lemprière nous a permis de mener à terme les travaux de recherche et d'analyse effectués dans le cadre de la présente étude. Le travail de transcription de Dorothy Smith, de Donna Stover et de Sandra Cantelon a été remarquable, compte tenu en particulier du nombre interminable de tableaux et de l'abondante terminologie suédoise, française, finlandaise et allemande. Anna Ortnas a fait preuve de rapidité et d'imagination à l'occasion de la traduction de la documentation suédoise.

L'auteure est reconnaissante pour les conseils, renseignements et l'aide reçus. Toutefois, elle se porte garante des opinions et des conclusions présentées ainsi que de l'interprétation des documents originaux rédigés en suédois, en finlandais, en allemand et en français.

Margot Wojciechowski
Centre for Resource Studies
Université Queen's
KINGSTON (Ontario)

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS i

RÉSUMÉ DES CONCLUSIONS ii

SUMMARY OF CONCLUSIONS iii

REMERCIEMENTS iv

CHAPITRE 1 INTRODUCTION 1
But de l'étude 1
Organisation de l'étude 1
Définitions et portée de l'étude 2
Sources et utilisation des données 4

CHAPITRE 2 CADRE DE TRAVAIL POUR L'ANALYSE DES ACTIVITÉS DE R-D . 7
Le cadre de travail 8
1. Stades du cycle de vie de l'industrie des minéraux 8
2. Dépendance à l'endroit des importations et des exportations 10
3. L'environnement économique et sociopolitique 11
4. Le facteur culturel 11

CHAPITRE 3 LA R-D SUR LES MINÉRAUX ET LE SECTEUR DES MINÉRAUX AU CANADA : 13
Introduction 13
Le secteur des minéraux : Une mesure économique de l'importance de la R-D sur les minéraux au Canada 13
Aide fédérale à la R-D dans le secteur des minéraux 15
Aide intra-muros du gouvernement fédéral 17
Aide extra-muros du gouvernement fédéral 18
Aide provinciale à la R-D sur les minéraux 18
Aide de l'industrie à la R-D sur les minéraux 19
Dépenses de R-D sur les minéraux par l'industrie 20
Organismes de R-D de l'industrie 21
Tendances en matière d'enseignement 24
Tendances dans l'enseignement au Canada 24
Enseignement en génie minier et en métallurgie 24
R-D dans certaines disciplines scientifiques 25
R-D sur les minéraux dans les universités 25
Comparaison des tendances en matière de R-D dans différentes disciplines 27
R-D sur les minéraux dans les universités 28
Comparaison des dépenses de R-D dans d'autres secteurs des ressources . 28
Contribution économique des secteurs des ressources 30
Aperçu de la R-D dans les secteurs des ressources 30
Données de R-D par secteur 36
Conclusion 37

CHAPITRE 4 COMPARAISONS INTERNATIONALES : LE CONTEXTE ÉCONOMIQUE 39
Stade du cycle de vie 39
Dépendance à l'endroit des importations et des exportations 44
Conclusion 45

CHAPITRE 5 COMPARAISONS INTERNATIONALES : LES POLITIQUES ET LES ATTITUDES 51
R-D au Canada 51
R-D dans d'autres pays 53
Australie 53
Finlande 53
France 54
Allemagne de l'Ouest 55
Suède 55
Royaume-Uni 56
États-Unis 56

CHAPITRE 6 COMPARAISONS DES EFFORTS NATIONAUX DE R-D 59
Effort total de R-D 59
R-D sur les minéraux 63

CHAPITRE 7 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 67
Introduction 67
Statistiques de R-D 67
Stade du cycle de vie 68
Dépendance à l'endroit des importations et des exportations 69
Facteurs économiques, sociaux et politiques 69
Le facteur culturel 70

BIBLIOGRAPHIE 73

ANNEXE A OBSERVATIONS GÉNÉRALES DÉCOULANT DES ÉTUDES DE BASE 81
Australie 81
Finlande 82
France 83
République fédérale d'Allemagne 84
Suède 85
Royaume-Uni 87
États-Unis 88

ANNEXE B INDICES DE PRIX, TAUX DE CHANGE ET CLASSIFICATION TYPE DES INDUSTRIES DU SECTEUR DES MINÉRAUX AU CANADA 89
Tableau B.1 Classification des industries du secteur minier, de première transformation des métaux et des produits minéraux non métalliques selon la Classification type des industries (CTI) de 1980 89
Tableau B.2 PIB/PNB, déflateurs de prix synthétiques 1975-1988 90
Tableau B.3 Taux de change, diverses années 90
Tableau B.4 Comparaison d'indices de prix canadiens, 1981-1987 ... 91

CENTRE FOR RESOURCE STUDIES 93

TABLEAUX

Tableau 3.1	Aide fédérale à la R-D intra-muros et extra-muros en génie minier et en métallurgie, 1986-1987	16
Tableau 3.2	Résumé d'estimations des dépenses provinciales de R-D sur les minéraux, 1986-1987	19
Tableau 3.3	Dépenses totales de R-D intra-muros dans les industries des mines et des métaux, 1979 et 1981-1986	23
Tableau 3.4	Indicateurs de l'aide en génie minier et en métallurgie dans les universités, 1980 et 1986	26
Tableau 3.5	Comparaison des inscriptions aux deuxième et troisième cycles et des subventions du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG)	28
Tableau 3.6	Résumé de l'aide à la R-D dans les principaux secteurs des ressources	33
Tableau 4.1	Mesures de l'activité économique de l'industrie des minéraux : PIB, valeur de la production minérale et dépenses d'exploration	40
Tableau 4.2	Impact du secteur des minéraux sur le commerce et l'emploi	46
Tableau 6.1	Effort national total en matière de R-D	62
Tableau 6.2	Indicateurs des activités de R-D dans le secteur des minéraux	64

FIGURES

Figure 2.1	Cadre de travail pour l'analyse des dépenses de recherche et développement	8
Figure 3.1	Contribution du secteur des minéraux au PIB, 1980-1987	14
Figure 3.2	Contribution du secteur des mines au PIB régional et à la production minière totale, 1984	14
Figure 3.3	Importance de l'industrie des minéraux dans l'économie canadienne, 1980-1987	15
Figure 3.4	Aide financière d'EMR en science et technologie, par récipiendaire, 1980-1981 à 1987-1988	16
Figure 3.5	Intensité de la R-D dans différentes industries canadiennes, 1986	22
Figure 3.6	Intensité de la R-D dans l'industrie des minéraux, 1986	22
Figure 3.7	Dépenses de R-D intra-muros dans les industries des mines et des métaux, 1980-1987	23
Figure 3.8	Tendances dans les revenus d'exploitation des universités, 1980-1981 à 1985-1986	25
Figure 3.9	Revenu pour la recherche parrainée, PIB et revenu d'exploitation des universités, 1980-1981 à 1985-1986	27
Figure 3.10	Répartition des étudiants des 2e et 3e cycles à temps complet, par domaine d'étude - 1980-1981 à 1985-1986	29
Figure 3.11	Répartition des étudiants des 2e et 3e cycles à temps complet, en sciences naturelles et en génie - 1980-1981 à 1985-1986	29
Figure 3.12	Contribution des secteurs des ressources au PIB total, diverses années	31
Figure 3.13	Contribution des secteurs des ressources brutes au PIB total, diverses années	31
Figure 3.14	Contribution des secteurs des ressources au PIB et à la R-D totale dans l'industrie, 1987	32
Figure 3.15	Contribution des secteurs des ressources primaires au PIB total et à la R-D totale dans l'industrie, 1987	32

Figure 4.1	PIB de l'industrie des minéraux en pourcentage du PIB total, 1985	48
Figure 4.2	Valeur du PIB de l'industrie des minéraux, 1985	48
Figure 4.3	Emploi dans l'industrie des minéraux en pourcentage de l'emploi total, 1985	49
Figure 4.4	Importance des exportations dans le secteur des minéraux, 1985	49
Figure 6.1	Effort national de R-D, 1985	60
Figure 6.2	Effort de R-D des entreprises, 1985	60
Figure 6.3	Performance des institutions d'enseignement supérieur en matière de R-D, 1985	61

CHAPITRE 1. INTRODUCTION

BUT DE L'ÉTUDE

La présente étude a été entreprise pour CANMET, et son objet est de faire connaître les tendances dans le financement de la recherche et développement sur les minéraux ainsi que l'importance de la R-D pour le secteur des minéraux. Cette tâche a consisté à :

- fournir de l'information sur les tendances quant au niveau, aux sources et à l'orientation de l'aide à la recherche et développement (R-D) dans le secteur des minéraux au Canada;
- mettre cette information en perspective en fournissant de l'information sur le rôle de la R-D dans l'industrie des minéraux et sur le rôle de cette industrie dans l'économie canadienne;
- fournir de l'information sur les tendances en matière d'enseignement en génie minier et en métallurgie au Canada;
- comparer les tendances de la R-D en génie minier et en métallurgie au Canada avec les tendances dans d'autres disciplines;
- comparer le secteur des minéraux et la R-D qui s'y fait avec d'autres secteurs des ressources au Canada;
- comparer l'information susmentionnée avec des données semblables sur la R-D dans les secteurs minéraux de sept pays de l'OCDE : l'Australie, la Finlande, la France, la République fédérale d'Allemagne, la Suède, le Royaume-Uni et les États-Unis;
- examiner les données sur les niveaux et les tendances de la R-D sur les minéraux, à la lumière des besoins actuels et futurs du secteur des minéraux, et par rapport à la façon dont d'autres secteurs et d'autres pays se sont adaptés à un climat économique et une structure industrielle changeants.

ORGANISATION DE L'ÉTUDE

Le présent rapport constitue un résumé et une synthèse d'une imposante documentation sur la R-D effectués sur les minéraux. Il repose sur huit études de base : sept analyses des politiques de R-D et des travaux de R-D effectués sur les minéraux dans les pays de l'OCDE susmentionnés, et un examen détaillé de la situation au Canada. Ces rapports de base sont en grande partie des recueils de données comportant un peu d'analyse, mais peu ou pas de traitement comparatif. L'analyse et l'évaluation comparatives sont présentées dans le présent document. Le lecteur est prié de se reporter aux études de base pour une analyse plus détaillée des différents pays.

Le chapitre 2 de l'étude définit un cadre de travail en quatre volets pour l'analyse et la comparaison des besoins de R-D et des modifications de politique résultantes. Il comporte également une analyse de l'efficacité et de la pertinence de ces modifications.

Le chapitre 3 présente un résumé de l'étude de base sur la R-D dans le secteur canadien des minéraux et l'industrie des minéraux. Un examen du rôle de ce secteur dans l'économie canadienne est suivi par un examen de l'aide offerte par le fédéral, les provinces et l'industrie en matière de R-D sur les minéraux. Les tendances dans l'enseignement du génie minier et de la métallurgie sont comparées. De brèves comparaisons des niveaux de financement de la R-D et d'autres facteurs pertinents dans les domaines des sciences naturelles et du génie, autres que le génie minier et la métallurgie, et dans les secteurs des ressources, autres que l'industrie des minéraux, sont présentées.

L'analyse de la R–D sur les minéraux est présentée au chapitre 4 et commence par un examen du contexte économique, comme l'indiquent les deux premiers facteurs du cadre de travail. L'industrie canadienne des minéraux est située dans la phase de maturité de son cycle de vie et sa dépendance envers les importations et les exportations est examinée. De brèves comparaisons avec les industries des minéraux dans d'autres pays sont faites pour jeter les bases d'une analyse des besoins de R–D et des modifications à apporter aux politiques.

Au chapitre 5, l'auteure poursuit l'analyse avec une étude des troisième et quatrième facteurs du cadre de travail : le contexte socio–économique et politique, et le facteur culturel.

Au chapitre 6, elle compare la R–D sur les minéraux au Canada à celle effectuée dans les sept autres pays de l'OCDE susmentionnés. Les niveaux et les tendances de la R–D sont examinés à la lumière de l'analyse des chapitres 4 et 5 dans le but de dégager les orientations futures de la R–D sur les minéraux au Canada.

Le chapitre 7 présente les conclusions à tirer à la fin de l'étude. S'appuyant sur le cadre de travail du chapitre 2, il résume l'analyse des derniers chapitres. Des recommandations sont faites aux gouvernements, à l'industrie et aux universités quant aux mesures de R–D à prendre pour soutenir un secteur des minéraux sain et concurrentiel.

Des résumés d'une page des études de base internationales sont présentés dans l'annexe A, tandis que l'annexe B présente des taux de change, des indices de prix canadiens et des déflateurs de prix nationaux pour le PIB/PNB.

DÉFINITIONS ET PORTÉE DE L'ÉTUDE

Aux fins de l'étude, **l'industrie des minéraux** comprend les industries des mines et des métaux de première transformation. L'industrie des produits minéraux non métalliques est aussi examinée, mais de façon beaucoup moins détaillée. **L'industrie des mines** se limite à l'extraction de minéraux bruts, tandis que **l'industrie des métaux de base** et l'industrie des produits minéraux non métalliques comportent un certain niveau de traitement des minéraux bruts. Le traitement comprend la fusion, l'affinage, le moulage, le laminage et l'extrusion de métaux non ferreux (y compris l'aluminium), les opérations des fonderies de fer et d'acier, la production de tuyaux et de tubes, et d'autres opérations sidérurgiques de première transformation. Les produits minéraux non métalliques comprennent principalement la potasse, l'amiante, les produits de l'argile et de construction, les abrasifs à base de verre et les matières réfractaires, et excluent les produits du charbon. Certaines séries de données de cette étude portent également sur la métallurgie physique, simplement parce que cette discipline est souvent difficile à séparer de la métallurgie extractive. L'intention générale est toutefois d'exclure la métallurgie physique de l'étude, principalement parce qu'il est difficile d'isoler les données sur les matières métalliques de la catégorie de la recherche sur les matériaux, dans laquelle on retrouve de plus en plus de données de métallurgie physique. Au Canada, les entreprises engagées dans les activités visées dans la présente étude sont classées suivant les codes de la Classification type des industries (CTI) de Statistique Canada, qui sont indiqués au tableau B.1 de l'annexe B. Les autres pays étudiés possèdent des classifications semblables, du moins au niveau de regroupement des industries des "mines" et "de première transformation des métaux". Les statistiques de l'OCDE visent à normaliser les grandes classes d'industries.

Aux fins de la présente étude, les **minéraux** sont les minéraux métalliques et non métalliques comprenant le charbon, les minéraux industriels et les matériaux de construction. Le pétrole et le gaz ne sont pas traités dans la présente étude.

Aux fins de la présente étude, **R-D** s'entend d'un "travail créateur entrepris de façon systématique dans le but d'accroître le bassin des connaissances, y compris la connaissance de l'homme, de la culture et de la société, et l'utilisation de ce bassin de connaissances pour mettre au point de nouvelles applications".[1] Cette définition est celle de l'OCDE, et il semble que la plupart des pays étrangers examinés dans le cadre de cette étude y adhèrent dans leur classification de la R-D. Statistique Canada utilise également les définitions de l'OCDE dans ses enquêtes et ses séries de données sur la R-D. Essentiellement, cette approche établit une distinction entre les activités de **science et technologie** (S et T) et son sous-ensemble, la R-D. La catégorie plus générale de la S et T est composée de la R-D et des ASC **(activités scientifiques connexes)** qui comprend l'enseignement et la formation, les autres activités de S et T connexes et d'autres activités industrielles. Se conformant à ces définitions, Statistique Canada recueille et publie des données dans les catégories suivantes :

- pour les statistiques du gouvernement fédéral, la S et T et ses deux composantes, la R-D et les ASC;
- pour les statistiques de l'industrie, la R-D seulement;
- pour les statistiques de l'enseignement, la R-D seulement.

La composante ASC des données de Statistique Canada comprend la collecte des données (qui pour le secteur des minéraux comprend les levés géologiques) et les services d'information (qui pour le secteur comprend les cartes, les enregistrements de corottage (core record), les répertoires de minéraux et d'autres bases de données, ainsi que les rapports et les publications).

Pour les statistiques de R-D de l'industrie, Statistique Canada s'en remet aux réponses de l'industrie à un questionnaire. L'industrie a toutefois tendance à suivre la définition de la R-D de Revenu Canada, ne déclarant que les dépenses de R-D qui sont admissibles à un traitement particulier en vertu de la *Loi de l'impôt sur le revenu*. Par conséquent, certaines dépenses qui pourraient être considérées comme des dépenses courantes d'amélioration des opérations peuvent être déclarées par l'industrie comme des dépenses de R-D, et certaines dépenses de R-D peuvent être omises parce qu'elles ne sont pas admissibles à un traitement fiscal particulier. En définitive, il est difficile de déterminer si les dépenses de R-D déclarées par l'industrie dans le secteur des minéraux sont sous-estimées ou surestimées. Il s'agit là d'un problème qui se pose également pour les données des pays étrangers.

Diverses mesures permettent de mesurer **l'intensité de la R-D**, notamment en pourcentage de la valeur ajoutée ou de la valeur du PIB, et en pourcentage de la valeur de la production ou du revenu des ventes. La première mesure est préférable car elle relie plus étroitement l'effort de R-D à la contribution économique réelle de chaque secteur. Cependant, dans certains cas, la deuxième mesure est la seule possible, compte tenu des données sur la R-D et des données économiques qui sont disponibles par catégorie industrielle.

Il existe plusieurs **mesures globales** courantes de l'effort de R-D. Les dépenses intérieures brutes de R-D **(DIRD)** comprennent les dépenses de tous les secteurs, y compris les gouvernements, les entreprises commerciales, les établissements d'enseignement supérieur, d'autres organismes et les sources étrangères. Il est rarement possible d'établir des statistiques des DIRD qui soient ventilées par secteur industriel, car le plus souvent, seules les données de R-D de l'industrie sont fournies par type d'industrie. Les données du gouvernement sont classées par objectif socio-économique. Les DIRD peuvent donc servir à comparer les dépenses de R-D totales de différents pays et à donner un aperçu

---

[1] OCDE, *The Measurement of Scientific and Technical Activities* (Le manuel Frascati), Paris, 1981, p. 25

des tendances dans le temps de l'intensité de la R–D à l'échelle nationale en termes de pourcentage du produit intérieur brut ou du produit national brut, à des fins autres que des comparaisons entre les secteurs économiques. La composition des DIRD peut être examinée du point de vue de celui qui avance les fonds ou de celui qui effectue la R–D. Une statistique courante est celle des dépenses de R–D des entreprises (**DRDE**) qui peuvent aussi être considérées du point de vue du commanditaire ou du point de vue de l'exécuteur. Les sources de l'OCDE et Statistique Canada ne ventilent les dépenses intra–muros dans leurs séries des DRDE que par type d'industrie. Ils indiquent les sources de financement de la R–D industrielle (par exemple, gouvernement, industrie et autres) par secteur. Le secteur des entreprises dans les séries de données de l'OCDE comprend les entreprises des secteurs tant public que privé.

Un pays est dit **dépendant des exportations** pour un certain produit ou dans un certain secteur si la production intérieure de ce produit ou dans ce secteur est supérieure à la demande intérieure, de sorte que la vente de l'ensemble de la production dépend des marchés d'exportation. Le produit ou le secteur peut aussi jouer un rôle important dans la balance commerciale, selon la proportion des exportations totales qu'il représente.

Un pays est dit **dépendant des importations** lorsque la production intérieure d'un produit ou d'un secteur pour fin de consommation ou de traitement en vue de la réexportation ne satisfait pas la demande intérieure.

Cette étude porte en gros sur la **période** de 1980 à 1987. Cette période est très courte pour observer et analyser des tendances économiques, notamment dans un secteur tel que les mines, où les délais d'approvisionnement sont si longs. En outre, elle n'est pas caractéristique du secteur des minéraux, lequel a connu un départ inhabituellement rapide, suivi d'une détérioration importante de la demande et des prix pour la plupart des produits. Cependant, cette période a été dictée par la disponibilité des données, notamment pour les dépenses de R–D. Dans certains cas, les données sont très rares, tandis que dans d'autres cas, de longues séries de données peuvent être rassemblées. Autant de données que possible ont été recueillies et sont présentées dans les études de base. Pour fin d'uniformité, ce résumé et ce document de synthèse portent, en général, sur la période de 1980 à 1985 à cause de la rareté des données, ce qui fait que les données sont moins actuelles.

L'unité monétaire utilisée dans le chapitre 3 pour décrire l'industrie canadienne des minéraux est le dollar canadien de 1981. Les variations en pourcentage sont des variations réelles basées sur le dollar de 1981. Pour les comparaisons entre pays dans les tableaux des chapitres 4 et 6, l'unité utilisée est le dollar américain ($ US) de 1985. Les variations en pourcentage sont encore une fois des variations réelles basées sur la valeur réelle de la monnaie de chaque pays. L'annexe B donne les taux de change utilisés pour la conversion des monnaies.

SOURCES ET UTILISATION DES DONNÉES

Les principales sources de données pour le Canada sont des données publiées et préparées par Statistique Canada et Énergie, Mines et Ressources Canada. Dans certains cas, des tableaux spéciaux de données non publiées ont aussi été fournis par ces organismes. Ces sources sont de loin les plus détaillées et les plus fiables parmi les sources disponibles. Les principaux empêchements à leur utilisation sont le manque d'actualité de certaines séries de données, l'absence ou l'incohérence des catégories, et le caractère confidentiel de certains types d'information qui interdit leur ventilation détaillée.

Pour les études des pays étrangers, les principales sources de données publiées sont des études préparées par l'OCDE et d'autres organismes internationaux, par des centres nationaux de statistiques

et par d'autres organismes publics, y compris des commissions géologiques et les ministères responsables des industries des mines et de l'énergie. Une vaste gamme de sources additionnelles de données publiées a été utilisée pour obtenir de l'information qualitative et quantitative, y compris des rapports et publications gouvernementaux, des revues et des bulletins sur les sciences de la terre, ainsi que des rapports d'universités et d'entreprises.

En plus de l'information contenue dans ces publications facilement accessibles, le CRS a obtenu des données additionnelles en recourant à différentes méthodes. Pour le Canada, les données originales portent sur quatre grands domaines : les dépenses provinciales de R–D sur les minéraux; les travaux universitaires en génie minier et en métallurgie; un recueil spécial du CRSNG sur l'aide fournie en matière de R–D sur les minéraux; et les travaux de R–D d'entreprises et d'organismes de l'industrie des minéraux. Même si le détail des données primaires suscite un intérêt certain, le manque d'uniformité et, dans certains cas, les faibles taux de réponse aux enquêtes constituent des facteurs négatifs.

Pour les études sur les pays étrangers, la documentation a été complétée par des entrevues et de la correspondance avec l'industrie, les gouvernements, les universités et d'autres représentants de chacun des sept pays de l'OCDE examinés. Cette information s'est avérée très utile, car elle a donné un bon aperçu qualitatif des travaux de R–D ainsi que du rôle et de l'avenir du secteur des minéraux, information qui aurait pu passer autrement inaperçue dans le seul examen de statistiques. Elle a aussi permis de trouver d'autres sources de données. Des listes d'entrevues et de documents de correspondance sont annexés à chaque étude de base.

Au cours des deux dernières années qu'a duré la cueillette de l'information et des données de base pour cette étude, il est apparu que les statistiques de R–D, comme la plupart, voire la totalité, des statistiques, peuvent être fort trompeuses. Dans l'examen des données que renferme la présente étude, trois facteurs doivent être pris en compte. Premièrement, les séries de données sur les dépenses de R–D qui sont facilement disponibles et dont les présentations sont comparables, sont relativement courtes (de 1980 à 1986 environ) pour établir des tendances; elles ne sont pas fiables, et ne sont en fait pas toujours comparables en termes de qualité, de définitions et de degré de ventilation statistique. Les dépenses de R–D déclarées varient d'un pays à l'autre selon les systèmes de déclaration, le droit fiscal et les programmes d'encouragement de chaque pays.

Deuxièmement, pour découvrir le sens des données disponibles sur les dépenses de R–D, il faut les replacer dans le contexte général du rôle économique du secteur des minéraux dans chaque pays. Malheureusement, la période 1980–1986 pour laquelle les données sont disponibles, est à peine suffisante pour évaluer les tendances à long terme dans le secteur des minéraux.

Troisièmement, et le plus important, les pratiques de R–D des producteurs étrangers, aussi efficaces soient–elles dans leurs pays, ne peuvent être transférées directement au Canada dans l'espoir qu'elles soient aussi efficaces ici. Elles doivent être examinées à la lumière des besoins pour lesquels elles ont été conçues et des facteurs économiques, politiques et sociaux qui les ont façonnées. Leur pertinence doit ensuite être évaluée à la lumière des besoins et des caractéristiques particuliers du Canada. Ce n'est qu'ensuite que les leçons qui auront été tirées de cet examen pourront être appliquées à l'élimination de nos points faibles et au développement de nos points forts.

CHAPITRE 2. CADRE DE TRAVAIL POUR L'ANALYSE DES ACTIVITÉS DE R-D

Il existe un grand nombre de méthodes et de niveaux d'analyse pour évaluer les politiques et les programmes de financement de la R-D. Le présent chapitre décrit la méthode adoptée dans cette étude pour utiliser les données de façon constructive et pour dégager les leçons que les gouvernements canadiens et l'industrie des minéraux peuvent tirer d'expériences vécues ailleurs, à des époques différentes. Beaucoup d'informations peuvent être facilement dégagées de façon intuitive; cependant, rares sont ceux qui ont le loisir de rassembler systématiquement des masses de données et d'effectuer des analyses comparatives, conditions qui sont nécessaires pour étayer les fruits de l'intuition. Il est utile d'adopter un cadre de travail simple pour l'observation et l'analyse des données (figure 2.1) en mesurant dans chaque pays quatre facteurs qui sont particulièrement importants pour déterminer les besoins de R-D de l'industrie des minéraux, les changements de politique à apporter en réponse à ces besoins et l'efficacité de ces changements. Ces quatre facteurs sont :

- les étapes du cycle de vie de l'industrie des minéraux;
- la dépendance à l'égard des importations et des exportations;
- l'environnement sociopolitique;
- le facteur culturel.

Les deux premiers facteurs sont déterminants dans la définition des besoins de l'industrie des minéraux et influent aussi sur les changements à apporter en matière de R-D. Ils sont dynamiques et interdépendants; par exemple, dans un pays exportateur de minéraux où un produit ou un secteur de production minérale se trouve dans le stade final de son cycle de vie, les exportations diminuent et le pays peut en venir à dépendre des importations. Ces facteurs sont aussi nettement mesurables en termes quantitatifs. Le troisième facteur, qui est un ensemble de conditions économiques, d'objectifs sociopolitiques et de politiques uniques à chaque pays, façonne les changements à apporter en matière de R-D en réponse aux besoins de l'industrie et influe sur l'orientation des efforts de R-D ainsi que sur le niveau et les sources de financement de la R-D. Il est plus qualitatif et plus difficile à saisir que les deux premiers, mais il reste possible de le décrire d'une manière utile. Le quatrième facteur, le facteur culturel, est une question d'attitudes; il n'est souvent pas pris en compte, mais demeure un facteur tout à fait déterminant de l'efficacité des changements en matière de R-D. Il peut être mesuré sous certaines de ses manifestations, notamment le pourcentage d'ingénieurs dans les divers secteurs et niveaux de la R-D et de la gestion. Toutefois, il doit en général être décrit qualitativement, en termes de degrés, plutôt qu'en termes absolus.

L'examen, à la lumière de ces quatre facteurs, des pays qui ont produit, produisent et produiront des minéraux permet de dégager des comportements qui peuvent aider les élaborateurs de politiques à tirer des conclusions quant aux possibilités et aux orientations qui s'imposent en matière de R-D dans l'industrie des minéraux au Canada.

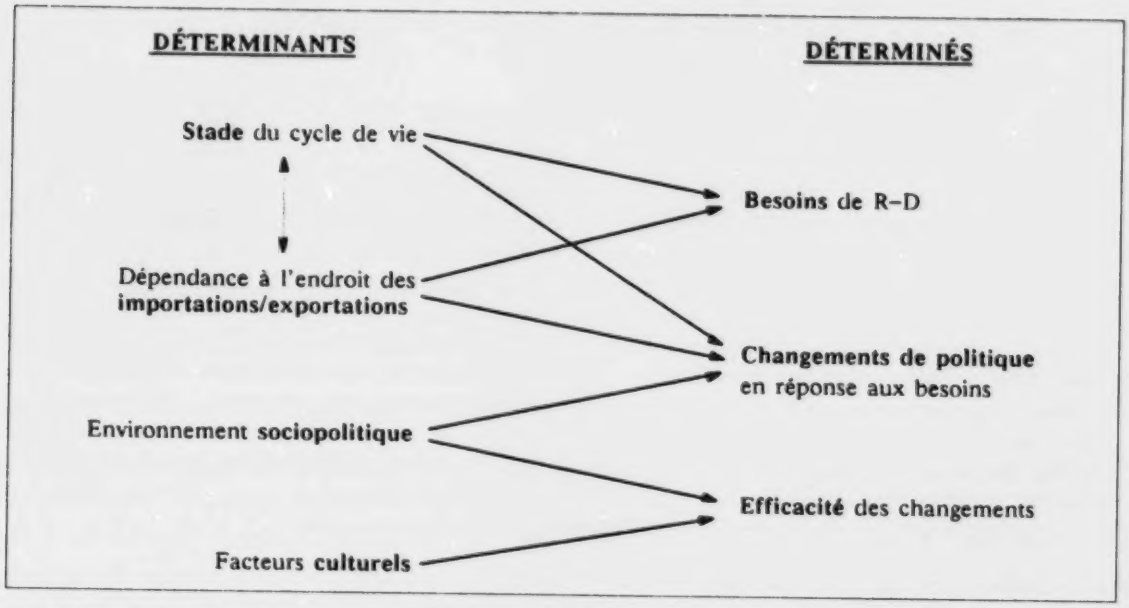


Figure 2.1 Cadre de travail pour l'analyse des dépenses de recherche et développement

LE CADRE DE TRAVAIL

1. Stades du cycle de vie de l'industrie des minéraux

Le cycle de vie de l'industrie des minéraux, pour un produit ou une gamme de produits, décrit une courbe plus ou moins continue. Néanmoins, il est possible de diviser la courbe en segments en fonction du temps. Nous suggérons quatre divisions arbitraires qui facilitent l'observation et la comparaison : le stade initial, les premières années de croissance, la maturité et le déclin.

Le stade initial

Ce stade va maintenant de soi dans l'établissement de la capacité de production de minéraux, principalement pour les exportations, dans un certain nombre de pays moins développés qui sont souvent vus comme menaçants ou pouvant menacer les marchés d'exportation de minéraux canadiens à cause de leurs gisements bon marché à forte teneur. Il comporte habituellement une croissance rapide de la production et des exportations de matières premières. Le stade est généralement caractérisé par une dépendance à l'endroit de la technologie et des compétences importées pour trouver les minéraux et mettre les gisements en valeur. Lorsque les fonds commencent à rentrer, une faible part est réinvestie dans la R-D. La plus grande partie sert plutôt à rembourser la dette et à satisfaire des priorités sociales et politiques dans d'autres domaines. En outre, les moyens de R-D à l'échelle nationale sont limités pendant le stade initial, car il faut compter beaucoup de temps dans un pays pour bâtir une infrastructure de ressources humaines compétentes, d'installations d'enseignement et d'organismes scientifiques et professionnels.

Stade de la croissance

Le deuxième stade est en général marqué par une croissance moins rapide, mais continue, et par le développement des ressources intérieures pour remplacer la technologie et les compétences étrangères. Le développement de ressources nationales n'est pas automatique; certains pays, particulièrement les

pays dont l'accès récent à l'indépendance s'accompagne d'une multitude d'autres problèmes ne semblent pas avoir beaucoup de succès à cet égard. D'autres pays, notamment l'Inde, le Brésil, la Chine et d'autres états du Pacifique, orientent leurs efforts de R–D sur l'amélioration de la productivité, l'expansion de la production et l'expansion de marchés pour écouler la production excédentaire à la demande intérieure. Ils établissent des programmes universitaires, construisent des installations de R–D et se dotent de moyens pour fabriquer du matériel minier et du matériel de traitement. Un grand nombre d'entre eux jouissent de l'aide de programmes internationaux pour mener ces tâches à bien. Les gisements sont toujours bon marché et ont encore une forte teneur parce que les effets de l'épuisement ne se sont pas encore faits sentir.

Malheureusement, aucun des pays examinés dans cette étude ne se situe dans l'une des deux premières étapes de croissance. Leur inclusion dans l'étude fournirait des renseignements utiles aux élaborateurs de politiques et aux gestionnaires de R–D canadiens, car ces pays sont de plus en plus compétitifs, tant en matière de production de minéraux qu'en matière de technologie des minéraux. Cependant, les données fiables en matière d'économie et de R–D pour la plupart de ces pays ne sont pas assez détaillées pour permettre de tirer des conclusions valables.

Maturité

Ce stade en est un de stabilité relative, indiquant des possibilités de croissance lente à long terme. Le terme maturité se veut un synonyme de plein épanouissement plutôt que de déclin imminent. Les effets de l'épuisement sont contrés par l'innovation technologique. La durée de ce stade pour l'industrie des minéraux d'un pays, ou un secteur de cette industrie, dépend :

- de l'importance et de la qualité des ressources minérales;
- de l'efficacité de la R–D sur les minéraux;
- de la qualité de la technologie utilisée pour l'exploration et la production;
- du rythme d'exploitation;
- et, côté demande, des marchés et des prix.

Pour les grands producteurs comme le Canada et l'Australie, ce stade peut durer des décennies, voire des siècles. Les besoins de R–D de l'industrie adulte sont beaucoup plus variés et moins bien définis que dans les stades précédents de croissance rapide et d'expansion des débouchés. Mises à part la production et la productivité, les objectifs de la R–D portent sur la santé, la sécurité et la protection de l'environnement, l'amélioration de la qualité des produits et la mise au point de nouveaux produits. Les objectifs devraient aussi comprendre la réalisation de R–D fondamentale à long terme axée sur l'innovation en matière de procédés et de produits dans le but de demeurer concurrentiel advenant l'épuisement des gisements riches et bon marché les plus accessibles.

Comme ce stade est caractérisé par une faible croissance à long terme, il est vulnérable à l'érosion par les cycles de l'offre et de la demande de minéraux à court terme, qui recoupent les courbes des tendances à long terme. Par conséquent, les besoins de R–D axés sur la production peuvent passer plus ou moins inaperçus, insatisfaits par des coupures de fonds durant les périodes difficiles et, pire encore, par complaisance durant les périodes de prospérité. Le stade de la maturité exige un engagement massif et constant dans la R–D pour assurer une innovation et une capacité de concurren. continues.

Déclin

La démarcation entre la maturité et le déclin n'est pas nette, et il est parfois impossible de distinguer entre une baisse cyclique ou une baisse structurale qui sont les indices d'une période de maturité ou d'une période de déclin irréversible. Un âge avancé n'est pas nécessairement synonyme de déclin.

Tant qu'il y a des gisements et des réserves économiques, des possibilités géologiques intéressantes et des débouchés pour la production, il est possible de demeurer compétitif. Néanmoins, pour tous les producteurs, l'épuisement mène tôt ou tard au déclin, du moins lorsque tous les gisements faciles à mettre en valeur dans le monde auront été exploités et de nouvelles générations de technologies permettront l'exploitation d'une nouvelle génération de gisements. Tous les pays à l'étude, sauf l'Australie et le Canada, approchent du stade du déclin en matière de production primaire de minéraux, et dans une moindre mesure en matière de traitement aussi, ou y sont arrivés.

Dans une période de déclin (comme dans les périodes de baisse pendant la maturité), les premières réactions sont en général marquées par un accroissement des initiatives de l'industrie, comme des efforts d'exploration et de R-D, en vue de diminuer les coûts et d'augmenter la productivité, et des initiatives du gouvernement, comme des mesures d'encouragement ou des subventions à l'exploration et à la mise en valeur, et une aide à court terme aux collectivités et aux chômeurs. Parfois, ces deux orientations de politique d'un État viennent en conflit, comme c'est maintenant le cas au Royaume-Uni, en France et en Allemagne, où la rationalisation des industries du charbon et de l'acier en vue de réduire les coûts entraîne des pertes d'emplois dans ces secteurs. Par ailleurs, l'aide à l'exploration a l'effet contraire, car elle entraîne une augmentation de l'emploi, du moins à court terme.

En pleine période de déclin permanent, l'accent passe de l'aide sociale à la diversification économique. Les subventions à l'exploration sont retirées lorsqu'aucun potentiel n'est décelé, comme ce fut le cas au Royaume-Uni, en Suède, en Allemagne et en Finlande; elles peuvent être dirigées vers l'étranger si la dépendance à l'endroit des importations est considérée comme un problème possible, comme cela fut le cas pendant de nombreuses années en France et en Allemagne, et pendant une brève période en Finlande. Tôt ou tard, les programmes de R-D en matière d'exploration et de production primaire sont réduits, et l'accent est mis sur la conservation et la substitution des ressources, et sur des projets à valeur ajoutée plus élevée, comme ce fut le cas dans tous les pays européens examinés.

2. Dépendance à l'endroit des importations et des exportations

Cette deuxième variable clé montre que les pays étudiés sont très différents et que les catégories de produits sont très variées. Par exemple, la Finlande et la Suède importent tous leurs minéraux énergétiques et dépendent de plus en plus des importations de minéraux métalliques pour la production de produits métalliques manufacturés (qui sont en grande partie exportés). L'Angleterre a depuis longtemps épuisé la plupart de ses gisements de minéraux métalliques économiques connus et a joui d'un bref répit en matière de minéraux énergétiques. Les États-Unis, comme l'Europe, doivent de plus en plus importer la plupart des produits minéraux pour satisfaire la demande intérieure. Par contre, le Canada et l'Australie produisent une vaste gamme de minéraux énergétiques, métalliques et non métalliques, et leurs productions sont supérieures à la demande intérieure; ces pays doivent donc exporter le surplus de cette production, principalement sous forme non transformée.

La dépendance à l'endroit des exportations, comme le stade de croissance de la production de minéraux, devrait mener à un effort de R-D visant à améliorer la productivité dans toutes les phases de la découverte et de la production jusqu'au stade de l'exportation des produits, en vue de rester compétitif et de s'assurer une part du marché. Même si les produits minéraux primaires sont en général compétitifs seulement en termes de prix, et non à cause d'une différenciation des produits, les exportateurs de minéraux primaires pourraient aussi être en mesure d'augmenter leur potentiel d'exportation en faisant de la R-D pour mettre au point de nouveaux produits et de nouvelles applications. Malheureusement, il est plus difficile de tirer profit de la R-D dans ces activités à valeur ajoutée élevée, car l'avantage de l'accès à des matières premières peu coûteuses perd de son

importance par rapport à d'autres facteurs, comme la vitesse de mise en application et les compétences en matière de mise en marché.

Par contre, la dépendance à l'endroit des importations, qu'elle porte sur des biens pour la consommation intérieure ou sur des matières utilisées dans la production de biens pour l'exportation, incite fortement à la création de programmes de R–D axés sur l'utilisation efficace des matières brutes et sur le remplacement des matières importées par des matières disponibles sur place. Elle peut aussi mener à une augmentation des activités géoscientifiques visant à mieux connaître la géologie et le potentiel minéral intérieur, ainsi qu'à la création de programmes de recherche de minéraux, soit dans le pays ou à l'étranger. L'importance d'un approvisionnement sûr comme priorité nationale influera sur la nature et l'intensité des réponses.

3. L'environnement économique et sociopolitique

Les conditions économiques sont d'une importance clé dans l'établissement des niveaux globaux de financement et dans l'orientation de la R–D dans chaque pays, particulièrement le niveau des dépenses pour la défense, l'importance relative des secteurs des ressources et de la fabrication dans l'économie nationale, et la concentration et la propriété (étrangère/nationale et publique/privée) de l'industrie. En outre, un grand nombre de facteurs économiques, sociaux et politiques qui influent spécifiquement sur les politiques minérales et les réponses en matière de R–D, y compris les politiques fiscales et monétaires (et les taux de change), portent sur des approvisionnements sûrs en matières et (ou) en énergie, la qualité de l'enseignement, la protection de l'environnement, la santé et la sécurité, les blocs commerciaux, etc. Certains facteurs sont uniques à certains pays, et d'autres se retrouvent ailleurs. Un but primordial dans la plupart des pays étudiés est la création d'emplois, qui au Canada et ailleurs, fait partie du développement économique régional et constitue une force motrice dans les politiques des ressources. Dans la plupart des pays étudiés, les besoins en développement régional ont incité à mettre l'accent sur la R–D dans le domaine des possibilités industrielles des minéraux.

Un exemple frappant de la pression qu'exerce la création d'emploi se retrouve dans l'industrie européenne du charbon qui est peu rentable et qui, dans un certain sens, ne cherche aucunement à exploiter le charbon : elle supporte des emplois. Les producteurs européens pourraient acheter le charbon moins cher ailleurs, mais ils préfèrent subventionner la production pour maintenir le niveau d'emploi et soutenir ainsi des collectivités et des régions entières. L'accent mis sur la R–D reflète implicitement ce fait, dans certains cas, en ne tenant pratiquement pas compte du problème majeur que sont les coûts élevés de la main–d'oeuvre dans la production du charbon, car résoudre ce problème entraînerait des mises à pied massives.

Les forces sociales et politiques mènent rarement à la création de programmes de R–D qui visent principalement l'excellence scientifique, la réduction des coûts ou des gains de productivité. Dans certains cas, la R–D peut augmenter les coûts directs de production, même si elle diminue les coûts sociaux ou offre d'autres avantages. Les programmes de R–D parrainés par le gouvernement, qui sont axés par exemple sur la protection de l'environnement ou sur la santé et la sécurité des travailleurs, prennent en général de l'importance pendant le stade de maturité de l'industrie. D'autres politiques et programmes gouvernementaux peuvent aussi entraîner des coûts. Les programmes pour encourager l'exploration peuvent promouvoir des projets dans des régions où les coûts sont élevés. Une transformation plus poussée ajoute aux coûts, lorsque d'autres installations de transformation sont déjà disponibles. Ces programmes créés pour des motifs socio–économiques sont très difficiles à élaborer et à évaluer, parce qu'il existe rarement un lien économique mesurable direct entre les coûts des programmes et les avantages résultants, et parce qu'il y a peu d'intégration des compétences technologiques dans l'élaboration du programme au niveau politique.

4. Le facteur culturel

Le quatrième facteur critique, qui détermine l'efficacité de l'effort de R-D de chaque pays, est le facteur culturel; il tient aux attitudes adoptées envers la science et la technologie et à son utilisation dans chaque pays. Considérons par exemple l'éventail des attitudes proposé dans les "deux cultures" par C.P. Snow où, à une extrémité de l'échelle, les scientifiques et les ingénieurs sont relativement isolés et sont peu estimés, et où, à l'autre bout de l'échelle, il y a intégration de la technologie et de la gestion dans l'industrie et l'administration publique japonaise. Lester Thurow estime que l'attitude des deux cultures est "caractéristique du monde anglo-saxon"[1], et mène à des biais qui nuisent à l'enseignement et à l'industrie. L'attitude des deux cultures mène à un enseignement moins poussé dans les sciences, les matières scientifiques et non scientifiques suivant des cours séparés, et à une exposition presque nulle à la science et à la technologie de ceux qui ont choisi la voie non scientifique.

Cette attitude semble beaucoup plus ancrée en Grande-Bretagne qu'au Canada, et elle est probablement beaucoup plus ancrée au Canada qu'aux États-Unis et en Australie, mais elle constitue un handicap dans les quatre pays. Selon Thurow, moins d'étudiants et une plus faible proportion des étudiants les plus brillants choisissent la voie scientifique aux États-Unis que ce n'est le cas au Japon ou en Allemagne parce que cette voie ne semble pas être celle qui mène aux postes de direction, et moins d'étudiants poursuivent leurs études supérieures en génie pour la même raison. Cette attitude se traduit par une baisse du nombre de directeurs de production et de cadres supérieurs ayant une formation technique, à une priorité moindre pour la R-D et le perfectionnement de la main-d'oeuvre, et à une résistance à l'innovation en matière de procédés et aux placements qui ne rapportent pas immédiatement. En d'autres termes, un apport technique insuffisant dans l'élaboration des politiques peut mener et mène à des programmes de R-D inefficaces. En outre, même avec une R-D tout à fait efficace et fortement subventionnée, le manque d'intégration de la science et technologie dans le processus de production peut empêcher un succès de R-D de devenir un succès commercial.

---

[1] L. Thurow, "A Weakness in Process Technology", *Science*, 18 décembre 1987

CHAPITRE 3. LA R-D SUR LES MINÉRAUX ET LE SECTEUR DES MINÉRAUX AU CANADA[1]

INTRODUCTION

Ce chapitre résume l'étude de base sur le Canada, préparée pour le présent rapport, et vise à donner des renseignements sur les niveaux de dépenses et les tendances au Canada en matière de :

- activités intra-muros de R-D du gouvernement;
- soutien extra-muros du gouvernement à la R-D sur les minéraux;
- activités de R-D de l'industrie;
- enseignement en génie minier et en métallurgie;
- R-D dans d'autres disciplines et d'autres secteurs des ressources.

Autant que possible, les efforts de R-D dans l'industrie des mines et dans l'industrie des métaux de première transformation seront présentés séparément. L'impact économique du secteur des minéraux au Canada est le premier sujet abordé.

LE SECTEUR DES MINÉRAUX : UNE MESURE ÉCONOMIQUE DE L'IMPORTANCE DE LA R-D SUR LES MINÉRAUX AU CANADA

Pour comprendre l'importance économique de la R-D sur les minéraux, il est utile d'examiner le rôle que le secteur des minéraux joue dans l'économie canadienne.

Cinq grandes caractéristiques de l'industrie des minéraux au Canada durant la période de 1980 à 1987 ressortent.

- L'industrie des mines et l'industrie des métaux de première transformation combinées ont représenté en moyenne environ 4 % du produit intérieur brut (PIB) (2,5 % industrie des mines, 1,5 % industrie des métaux de première transformation – voir figure 3.1).
- L'importance de l'industrie des mines varie beaucoup d'une région du pays à l'autre. Cela est particulièrement vrai au Québec, en Ontario, en Colombie-Britannique et dans les Territoires, mais également dans les subdivisions provinciales. Les trois provinces susmentionnées produisent ensemble une assez forte proportion de la valeur totale de la production de minéraux bruts, mais leurs économies provinciales dépendent relativement peu de l'industrie des minéraux bruts (figure 3.2). Le contraire s'applique aux Territoires.
- L'industrie des mines et l'industrie des métaux de première transformation combinées ont contribué beaucoup moins à l'emploi total qu'au PIB, représentant une moyenne d'environ 1 % de l'emploi total. Des réductions importantes ont été réalisées dans les deux industries.
- L'industrie des minéraux a contribué beaucoup plus aux exportations totales qu'au PIB total, soit une contribution moyenne d'environ 15 % aux exportations totales. Les métaux de première transformation ont une importance un peu plus grande que les minéraux bruts. Le Canada doit exporter la plus grande partie de sa production de minéraux bruts.
- L'apport relatif des secteurs des minéraux bruts et des minéraux de première transformation dans l'emploi et les exportations totales a chuté. La contribution du dernier secteur au PBI est demeurée relativement constante, tandis que la contribution du premier secteur semble diminuer. Certains indicateurs de l'importance de l'industrie des minéraux bruts au Canada sont donnés à la figure 3.3.

---

[1] Selon M. Wojciechowski, "R&D Trends in the Mineral Sector in Canada", étude de base préparée pour le présent rapport ci-après appelée Étude de base en matière de R-D sur les minéraux au Canada. Centre for Resource Studies, Kingston, décembre 1988.

Figure 3.1 Contribution du secteur des minéraux au PIB, 1980–1987

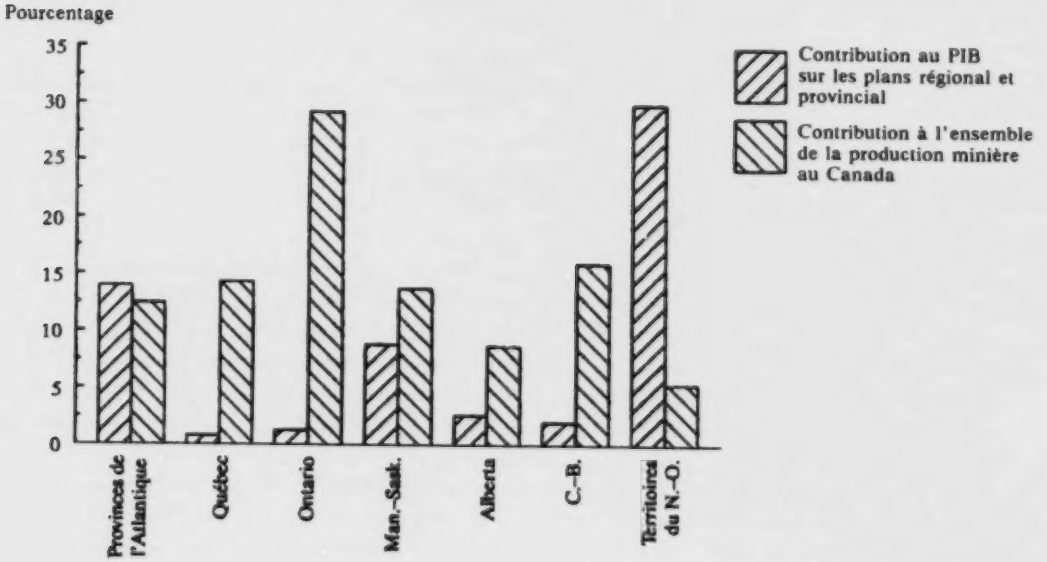


Figure 3.2 Contribution du secteur des mines au PIB régional et à la production minière totale, 1984

AIDE FÉDÉRALE À LA R-D DANS LE SECTEUR DES MINÉRAUX

Les dépenses en science et technologie (S et T) du gouvernement fédéral ont augmenté de 26 % entre 1980-1981 et 1987-1988, représentant environ 4 % des dépenses budgétaires.[1] L'aide fédérale à l'industrie des minéraux s'est accrue considérablement au chapitre des dépenses intra-muros en S et T d'Énergie, Mines et Ressources Canada (EMR). La R-D est aussi financée extra-muros par le gouvernement fédéral par des subventions aux gouvernements provinciaux et à l'industrie, mais principalement aux universités par l'intermédiaire du Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie (CRSNG). L'aide fédérale à la R-D en génie minier et en métallurgie est résumée au tableau 3.1.

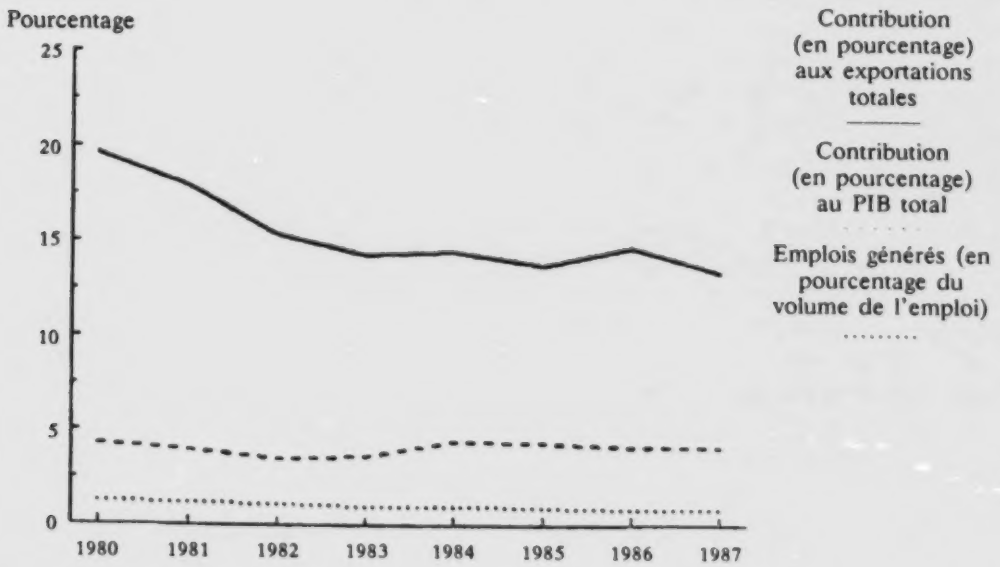


Figure 3.3 Importance de l'industrie des minéraux dans l'économie canadienne, 1980-1987

[1] À moins d'indications contraires, toutes les dépenses indiquées dans ce chapitre sont exprimées en dollars canadiens constants de 1981 après application de déflateurs de prix par rapport au PIB (annexe B, tableau B.2). Les variations en pourcentage sont les variations réelles de valeurs en dollars de 1981. Les prévisions sont en général données en dollars courants parce que les indices de prix par rapport au PIB ne sont pas disponibles au-delà de l'année en cours. Des totaux cumulatifs de plusieurs années sont aussi donnés en dollars courants lorsqu'il n'y a pas de ventilation par année.

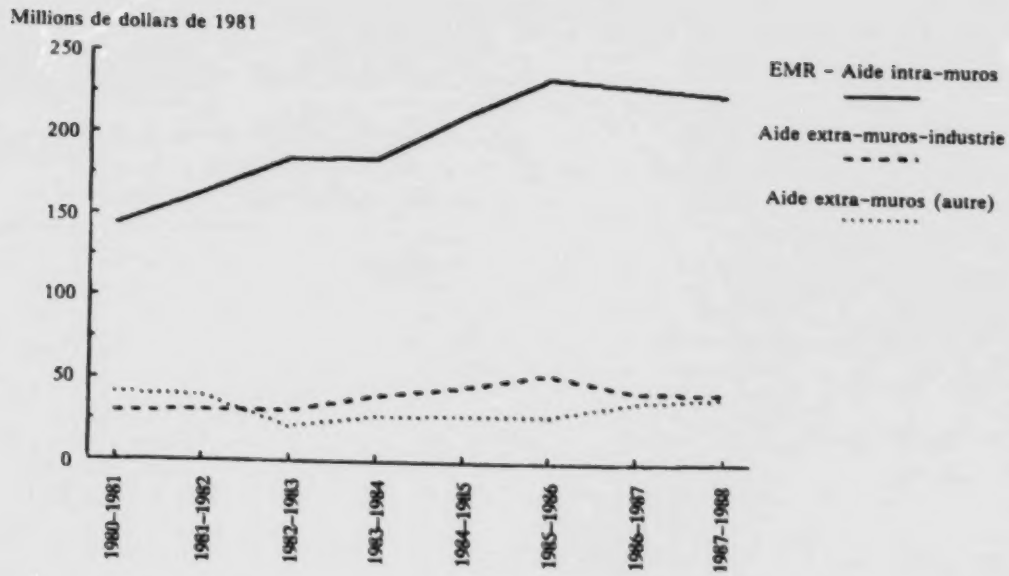


Figure 3.4 Aide financière d'EMR en science et technologie, par récipiendaire, 1980–1981 à 1987–1988

Tableau 3.1 Aide fédérale à la R–D intra–muros et extra–muros en génie minier et en métallurgie, 1986–1987

	Milliers de dollars de 1981	% du total
Génie minier		
CANMET	10 436	27,7
EDM	(1 601)	4,2
EDM Québec	397	1,0
CRSNG	163	0,4
Subventions EMR*	127	0,3
Total	11 123	29,5
Métallurgie		
CANMET	21 467	56,9
EDM	(1 894)	5,0
CRSNG	5 026	13,3
Subventions EMR*	127	0,3
Total	26 620	70,5
Total : industrie des minéraux	37 743	100,0

Source : Tableaux 3.14 et 3.23, Étude de base en matière de R–D sur les minéraux au Canada
EDM – Entente sur le développement minéral
* L'estimation totale pour les minéraux est simplement basée sur un partage égal entre le génie minier et la métallurgie

Aide intra-muros du gouvernement fédéral

La figure 3.4 indique l'aide d'EMR à la S et T par récipiendaire pendant la période de 1980-1981 à 1987-1988. La plus grande partie de l'aide d'EMR en S et T est intra-muros (près de 75 %). Le mandat d'EMR couvre les secteurs du génie minier et de la métallurgie, et prévoit l'élaboration et l'application de politiques et de programmes concernant les minéraux. La R-D intra-muros est effectuée par le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET) qui, pendant l'année financière 1988-1989, dépensera près de 70 % de son budget total pour la R-D; CANMET axe surtout la R-D sur l'accroissement du rendement et de la compétitivité dans le secteur des minéraux.

Malheureusement, des statistiques plus détaillées sur l'aide de CANMET par sous-activité ne sont pas disponibles pour la période antérieure à 1985-1986, de sorte que les tendances passées en matière de financement ne peuvent être analysées à ce niveau. Les prévisions des niveaux de financement futurs indiquent que le budget total de CANMET diminuera d'environ 12 % entre 1985-1986 et 1990-1991 en dollars courants. La baisse de la valeur réelle des dépenses sera évidemment plus élevée. Les services votés, ou le financement de base, utilisés pour maintenir les activités en cours et à long terme de CANMET devraient demeurer relativement constants en dollars courants, c'est-à-dire diminuer régulièrement en dollars réels à cause de l'inflation.

Les efforts de CANMET en matière de R-D sur les minéraux qui nous intéressent ici sont déployés dans quatre domaines d'activités : les mines, l'extraction et la préparation du charbon, le traitement des minéraux, et les métaux et les matériaux. Le niveau de financement dans ces secteurs a représenté 32 millions de dollars (dollars de 1981) en 1986-1987 (tableau 3.1). Environ le tiers de cette somme a été consacrée au génie minier, et le reste à la métallurgie. Dans les laboratoires de recherche minière, de recherche sur les minéraux, de recherche sur le charbon et de recherche en métallurgie physique de CANMET, les services votés sont demeurés relativement constants en dollars réels, du moins pendant la période de 1985-1986 à 1987-1988.

Un aspect important de l'aide du gouvernement fédéral à la R-D en génie minier et sur les métaux est la série d'ententes de développement minéral (EDM) conclues avec toutes les provinces et les territoires à l'exception de l'Alberta, et qui porte, en général, sur une période de cinq ans commençant en 1984 ou 1985. Les ententes combinent financement extra-muros et financement intra-muros, car les deux niveaux de gouvernement, fédéral et provincial, fournissent les fonds et réalisent les programmes. Toutes les ententes visent à renforcer et diversifier le secteur des minéraux, et chacune comprend un volet technologie des mines et des minéraux. Au total, les EDM fourniront 254 millions de dollars (dollars courants) pendant la période de 1984-1991, dont 31 millions iront à la technologie des mines et des minéraux.

Un peu plus de la moitié de cette somme, soit 17 millions de dollars, sera fournie par CANMET. L'EDM du Québec est de loin la plus ambitieuse en termes d'aide totale; la participation du fédéral n'est pas administrée par CANMET, même si les fonds proviennent d'EMR. Les contributions fédérales sont comprises dans les totaux de CANMET au tableau 3.1, sauf dans le cas du Québec où les sommes sont indiquées séparément. En 1986-1987, environ 3,5 millions de dollars sur l'aide totale de 32 millions de dollars de CANMET ont été fournis par l'entremise d'EDM, avec une répartition de 45 % et 55 % entre le génie minier et la métallurgie.

Aide extra-muros du gouvernement fédéral

L'aide fédérale à la R-D extra-muros sur les minéraux peut être divisée en deux catégories : subventions de recherche, principalement aux universités, surtout par l'entremise du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), mais aussi par l'entremise d'EMR et de contrats pour des services de recherche et des services techniques. L'aide financière par la voie de contrats est souvent administrée pour le compte d'autres ministères par Approvisionnements et Services, de sorte que si les contrats du MAS sont pris en compte, il y a risque de les compter en double. Par conséquent, la deuxième catégorie n'est couverte ici que par les dépenses totales d'EMR susmentionnées.

Aide du CRSNG à la R-D en génie minier et en métallurgie

Les programmes du CRSNG se répartissent en quatre éléments de planification : les programmes de base, les bourses, la recherche orientée et l'aide générale. Les programmes de base sont des subventions pour l'exploitation, du matériel, des infrastructures et des projets spéciaux, qui sont distribuées par des comités composés de spécialistes. L'aide à la recherche orientée comprend des subventions stratégiques et des subventions universités-industrie. L'aide générale à la recherche, le quatrième élément du programme de financement du CRSNG, consiste principalement en subventions qui sont accordées à des présidents d'universités et qui ne peuvent être réparties par discipline comme les autres subventions. En 1986-1987, le CRSNG a accordé environ 5 millions de dollars en subventions à la recherche en métallurgie et seulement 0,2 million de dollars environ en subventions à la recherche en génie minier. Dans une certaine mesure, les subventions stratégiques reflètent la politique en cours ou à court terme et l'importance résultante qui est accordée à diverses disciplines. Aucune subvention stratégique n'a été accordée pour le génie minier durant la période de 1980-1981 à 1986-1987, tandis que de telles subventions ont représenté une part assez substantielle de l'aide accordée en métallurgie. De même, aucune bourse n'a été accordée au génie minier, tandis qu'environ 70 000 dollars ont été distribués en bourses dans le secteur de la métallurgie. À noter toutefois qu'une aide additionnelle du CRSNG à la recherche en génie minier est disponible selon une classification des disciplines relevant du comité de génie civil.

Subventions d'EMR à la recherche en génie minier et en métallurgie

Le programme de subventions d'EMR porte sur le financement de la recherche en sciences de la terre et sur l'énergie plutôt que sur la recherche en génie minier et sur les matériaux, et il n'est pas important par rapport au programme de financement du CRSNG. Néanmoins, l'aide à la R-D en génie minier accordée en 1986-1987 a été aussi importante que l'aide du CRSNG en génie minier, tandis que les subventions du CRSNG en métallurgie ont été environ 40 fois plus élevées que les subventions d'EMR à la métallurgie, comme l'indique le tableau 3.1.

AIDE PROVINCIALE À LA R-D SUR LES MINÉRAUX

Malgré le fait que les minéraux représentent une proportion importante du PIB dans certaines provinces, les provinces effectuent peu de R-D internes en génie minier ou sur les minéraux. La principale exception est le Québec, dont la dépendance économique à l'endroit de l'industrie minière est la plus faible après l'Île-du-Prince-Édouard (figure 3.2), mais qui néanmoins possède une organisation provinciale entièrement consacrée à la R-D sur les minéraux, le Centre de Recherches minérales (CRM). Par ailleurs, le Nouveau-Brunswick fournit une certaine aide à la R-D provinciale interne sur le traitement des minéraux et par la voie de son Conseil de recherche et de productivité (CRP). En Alberta, l'Alberta Research Council (ARC) subventionne la recherche sur les minéraux par différents programmes axés sur les sources d'énergie, y compris le charbon, et leur utilisation.

L'aide à la R-D sur les minéraux dans les autres provinces est en général faible et n'est apparue le plus souvent qu'avec les ententes de développement minéral. Les estimations des dépenses provinciales totales de R-D en génie minier et en métallurgie pour 1986-1987 sont présentées au tableau 3.2. Ces chiffres sous-estiment l'importance véritable de l'aide provinciale, car il est difficile d'estimer le niveau d'aide à l'extérieur des EDM, et Statistique Canada ne fournit aucun détail sur les dépenses provinciales en matière de R-D. À noter que l'année 1986-1987 a été l'année des dépenses record dans le cadre des EDM, lesquelles diminueront à près de zéro d'ici à 1990-1991. Cela pourrait signifier une réduction dans le niveau, déjà faible, de financement provincial de la R-D sur les minéraux.

Tableau 3.2 Résumé d'estimations des dépenses provinciales de R-D sur les minéraux, 1986-1987 (milliers de dollars de 1981)

	Génie minier	Métallurgie	Total
Terre-Neuve, EDM	0	117	117
Î.P.-É., EDM	0	0	0
Nouvelle-Écosse, EDM	0	335	335
Nouveau-Brunswick, EDM	11	35	46
CRP	0	191	191
Québec, EDM*	397	0	397
CRM	2 348	2 631	4 979
Ontario, EDM	0	0	0
Manitoba, EDM	306	257	563
Saskatchewan, EDM	0	0	0
Alberta, ARC (charbon)	1 707	0	1 707
Colombie-Britannique, EDM	0	0	0
Territoires, EDM	nd **	nd	nd
Total			
EDM	714	744	1 458
Autres	4 055	2 822	6 877
Total	4 769	3 566	8 335

Source : Tableaux 4.1 à 4.6, Étude de base en matière de R-D sur les minéraux au Canada
*Une partie de cette somme pourrait être comprise dans le total CRM
**nd – Non disponible

AIDE DE L'INDUSTRIE À LA R-D SUR LES MINÉRAUX

La R-D privée en génie minier et en métallurgie est effectuée dans la plupart des pays par trois groupes principaux : les sociétés minières, les fonderies et les affineries; les fabricants de matériel minier et métallurgique; et les entreprises de consultation et de sous-traitance. Au Canada, il y a toutefois très peu de fabricants de matériel minier et métallurgique. Le matériel fabriqué ici est en grande partie produit par des filiales de sociétés étrangères qui ont tendance à effectuer leur R-D dans leur pays d'origine. Le troisième groupe, les entreprises de consultation et de sous-traitance, à quelques exceptions près, n'effectue aucune R-D au Canada. Par conséquent, presque toute la R-D effectuée dans l'industrie canadienne des minéraux est financée et réalisée par le premier groupe d'entreprises, lesquelles font l'objet de l'analyse qui suit.

L'industrie canadienne des mines est relativement concentrée en termes de propriétés; la plus grande partie de la production de minéraux bruts au Canada provient d'un petit groupe de sociétés bien connues. Ces dernières sont en général des multinationales intégrées verticalement et diversifiées. Le secteur des mines de métaux est très concentré; on y trouve peu d'entreprises par rapport au secteur des mines de minéraux non métalliques qui est caractérisé par un nombre important de petites entreprises. Le contrôle par des intérêts étrangers, des avoirs de l'industrie des mines, a diminué considérablement au cours des deux dernières décennies, et le noyau de l'industrie, les mines de métaux, affiche le plus faible niveau de participation étrangère parmi tous les secteurs miniers.

Le secteur des fonderies et des affineries de métaux non ferreux est dominé par un petit nombre de sociétés intégrées verticalement, les mêmes qui dominent l'industrie minière. Toutes ces sociétés possèdent des réserves susceptibles de les maintenir à l'avant-scène de la production mondiale de minéraux pendant des décennies à venir. Ce sont elles qui effectuent et financent le plus la R-D dans l'industrie minière et l'industrie des métaux.

Le secteur des mines et de la transformation de métaux ferreux tend à être caractérisé par une participation étrangère beaucoup plus élevée que dans le secteur des métaux non ferreux, mais présente une intégration verticale aussi marquée.

Dépenses de R-D sur les minéraux par l'industrie

La figure 3.5 indique le niveau d'intensité totale de la R-D (dépenses actuelles de R-D intra-muros en pourcentage des ventes des sociétés qui effectuent la R-D) en 1986 dans diverses industries canadiennes des ressources, y compris l'industrie minière et l'industrie des métaux. L'intensité de la R-D dans l'industrie minière et l'industrie des métaux ferreux est de beaucoup inférieure à la moyenne totale pour l'ensemble des industries. L'industrie des métaux non ferreux de première transformation se compare favorablement, mais seulement parce que cette catégorie comprend l'Alcan; si on omet les dépenses de l'Alcan, le rapport chute probablement de 1,3 à 0,6 environ. Les chiffres de la figure 3,6 indiquent l'intensité de la R-D pour diverses composantes du secteur des minéraux. La R-D dans l'industrie des mines de minéraux non métalliques et dans l'industrie des services miniers est relativement élevée, mais ce phénomène est assez récent; en 1979, ces rapports étaient assez faibles.

Ces chiffres représentent la R-D effectuée, plutôt que les dépenses propres de R-D, lesquelles sont moindres, souvent beaucoup moindres. En 1986, environ 76 % de la R-D minière intra-muros totale dans l'industrie des minéraux a été financée par des fonds propres. Dans le cas des métaux ferreux, la proportion a été de 100 %, tandis que pour les métaux non ferreux, la proportion a été de 34 %. Le financement extérieur provenait en grande partie de transferts à l'intérieur des entreprises (notamment dans le cas de l'Alcan) plutôt que d'une aide gouvernementale.

Le tableau 3.3 et la figure 3.7 résument les données disponibles sur l'aide à la R-D de l'industrie minière et de l'industrie des métaux. Il saute aux yeux qu'une société, Alcan, a été à l'origine d'une proportion importante de la R-D effectuée par l'industrie au cours de cette décennie. En 1986, ses efforts ont représenté 63 % de la R-D sur les métaux non ferreux et 34 % de la R-D totale sur les mines et les métaux (les proportions de 1987 sont encore plus élevées). Un autre point frappant est la diminution considérable de la R-D sur les métaux non ferreux effectuée par des sociétés "autres" que Alcan. Presque toute la R-D sur les mines de métaux et sur les métaux de première transformation est effectuée par les quelques grandes entreprises qui dominent l'industrie.

Peu de données sont disponibles sur la répartition de l'effort de recherche de l'industrie entre les procédés et les produits, mais certaines tendances ont été dégagées par des représentants de

l'industrie. Dans le secteur des métaux non ferreux, il semble qu'environ les trois quarts de la recherche portent sur la métallurgie extractive et sur les procédés de production, et le reste sur la mise au point de nouveaux produits et la recherche sur les matériaux. L'accent est de plus en plus mis sur la recherche sur les produits, avec Alcan en tête de file. Dans le secteur de la R–D sur les métaux ferreux, l'effort est plus ou moins également réparti entre les procédés, la métallurgie physique et les propriétés des matériaux. Les dépenses de R–D axées sur l'environnement représentent une assez grande part de l'effort (15 %–25 %), notamment en matière de R–D sur les procédés de production dans les secteurs des métaux tant ferreux que non ferreux.

Organismes de R–D de l'industrie

Il n'existe au Canada aucune installation de recherche dans l'industrie pour des projets conjoints ou coopératifs de R–D sur les mines ou les minéraux. On note toutefois un nombre croissant d'organismes créés pour coordonner la R–D effectuée à l'interne ou à forfait. Les efforts coopératifs de R–D sur les minéraux en sont à leurs premiers balbutiements au Canada et jouissent jusqu'ici d'une aide financière réelle très limitée. Ces organismes concentrent leurs efforts à influencer le choix des cibles pour les fonds et les installations de R–D existants. Cependant, il semblerait que ces organismes réussiront à améliorer les communications, à augmenter le niveau global d'aide financière et à établir, notamment, de nouveaux centres d'excellence autour des chaires universitaires qui sont créées dans les départements d'étude des minéraux.

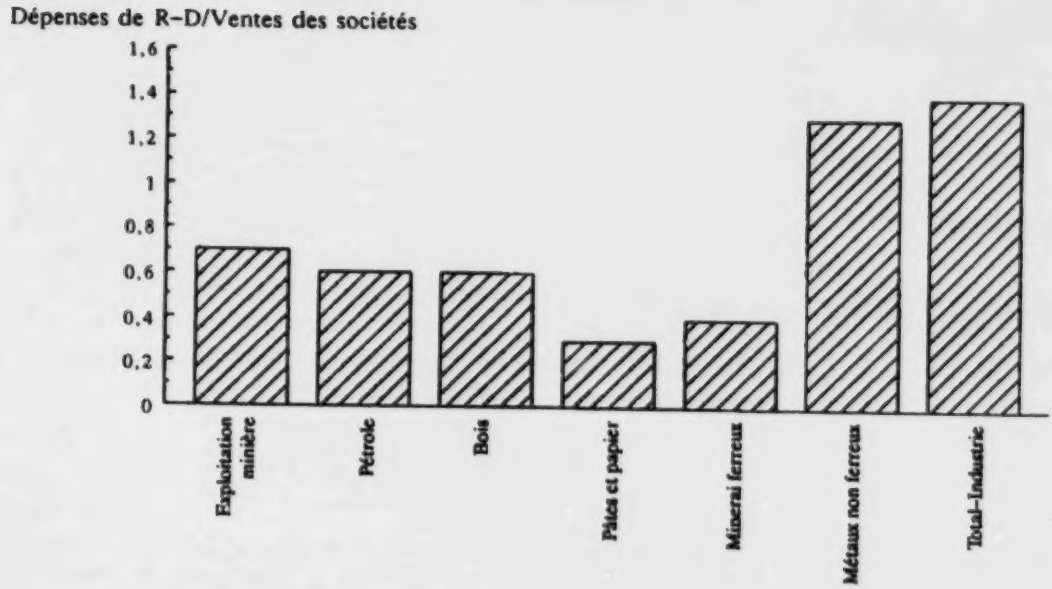


Figure 3.5 Intensité de la R–D dans diverses industries canadiennes, 1986

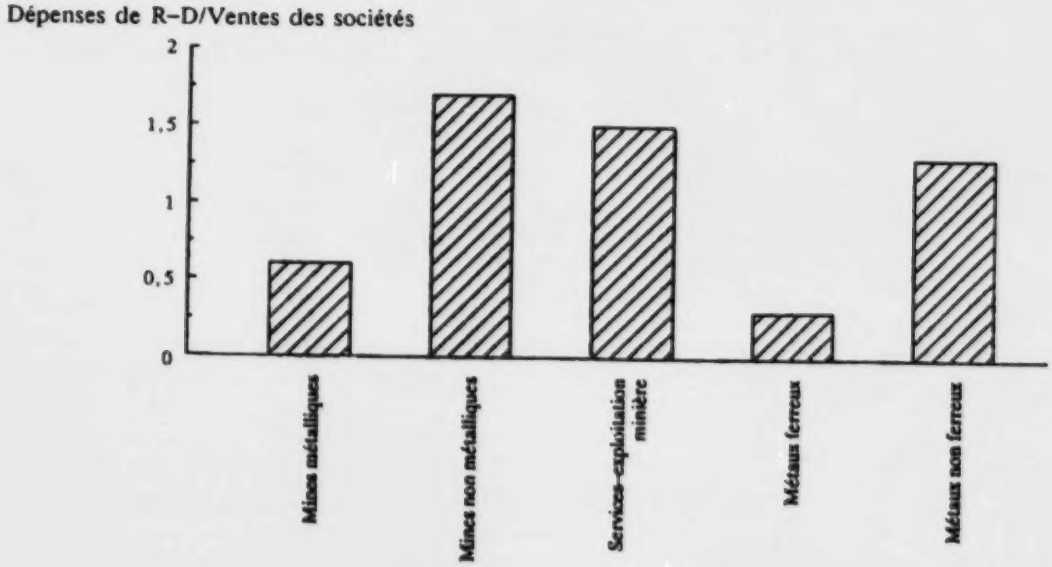


Figure 3.6 Intensité de la R–D dans l'industrie des minéraux, 1986

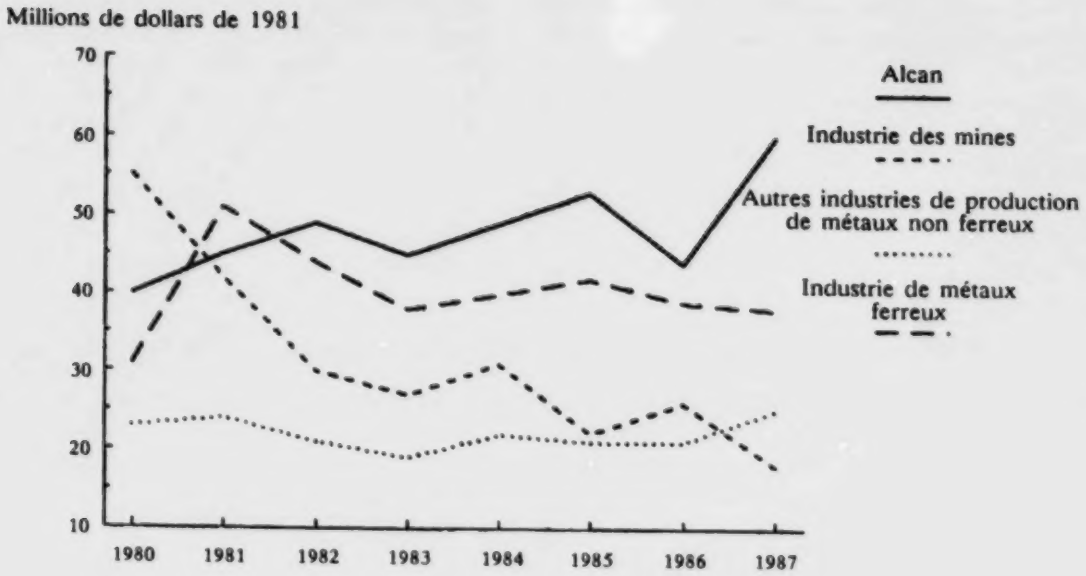


Figure 3.7 Dépenses de R–D intra–muros dans les industries des mines et des métaux, 1980–1987

Tableau 3.3 Dépenses totales de R–D intra–muros dans les industries des mines et des métaux, 1979 et 1981–1986 (millions de dollars de 1981)

	1979	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Mines							
Métalliques	22	41	31	25	26	28	25
Non métalliques	1	6	8	11	11	11	11
Services	–	3	3	3	3	3	2
Total	23	50	42	39	40	42	38
Métaux							
Ferreux	23	24	22	18	22	21	21
Non ferreux							
Alcan	na	45	49	45	49	53	44
Autres	na	42	30	27	31	23	26
Total	72	86	79	72	80	76	70
Produits minéraux non métalliques	7	8	7	9	14	14	11

Source : Tableaux 5 et 14, Étude de base en matière de R–D sur les minéraux au Canada

Les organismes coopératifs de recherche de l'industrie comprennent le Mining Industry Research Organization (MIROC) qui étudie les questions de santé et de sécurité, et HDRK Mining Research Limited qui étudie les techniques d'exploitation de la roche dure. Les organismes chargés de coordonner et de promouvoir la recherche comprennent l'Association pour la recherche dans l'industrie sidérurgique canadienne (ARISC) qui coordonne la recherche dans tous les secteurs de la R-D en technologie sidérurgique; le Conseil de l'industrie minière sur la technologie (MITEC), dont le but général est de rendre l'industrie minière canadienne plus compétitive, et le Mining Research Directorate (MRD) de l'Association minière de l'Ontario, qui s'intéresse avant tout à la mécanique des roches et au contrôle des terrains.

TENDANCES EN MATIÈRE D'ENSEIGNEMENT

L'enseignement post-secondaire forme les futurs chercheurs du Canada qui développeront et mettront en application les nouvelles idées qui seront nécessaires pour faire face à la concurrence industrielle. Trois grands indicateurs de l'enseignement universitaire en génie minier et en métallurgie et dans toutes les disciplines combinées, sont examinés dans le but de dégager les tendances en ce qui concerne le potentiel des ressources humaines. Ces caractéristiques sont : les sources et les niveaux de financement des universités, le nombre et le niveau des facultés, et le nombre de diplômes décernés tant au premier qu'aux deuxième et troisième cycles.

Tendances dans l'enseignement au Canada

Les tendances en matière de financement dans l'enseignement ne peuvent être examinées que globalement, car l'enseignement est une compétence provinciale et les provinces ne fournissent aucun renseignement sur les fonds d'exploitation par département ou discipline. Les provinces fournissent environ 80 % des revenus d'exploitation généraux des universités. Au total, les revenus d'exploitation ont augmenté de moins de 9 % entre 1980-1981 et 1985-1986. Les revenus par étudiant ont diminué de 10 % et les revenus par enseignant ont augmenté de 3 % au cours de cette période de six ans. Les tendances dans les revenus d'exploitation des universités par rapport au PIB, le nombre de facultés et le nombre d'étudiants sont indiqués à la figure 3.8. Le personnel enseignant des universités a augmenté d'environ 6 % durant cette période, dépassant 35 000 enseignants en 1985-1986. Les sciences de la santé ont connu la plus forte croissance quant au personnel enseignant, suivies du génie et des sciences appliquées. Cependant, au premier cycle, le nombre d'inscriptions en mathématiques et en sciences physiques a connu la plus forte augmentation. Les inscriptions dans les domaines appliqués du secteur des ressources ont chuté, comme cela a été le cas dans certaines branches du génie, tandis que les sciences humaines, les sciences sociales et la biologie ont connu une croissance importante.

Enseignement en génie minier et en métallurgie

Une enquête effectuée dans les universités canadiennes par le Centre for Resource Studies révèle que 12 universités sont dotées de départements de génie minier, de génie des minéraux, de métallurgie ou de science des minéraux. En outre, certaines universités offrent des programmes se rapportant au génie minier dans leur département de génie civil et des programmes se rapportant à la métallurgie et aux matériaux dans leur département de génie chimique, de chimie et de physique. Globalement, le personnel enseignant en génie minier a augmenté entre 1980 et 1985, mais il n'y a eu aucune augmentation en métallurgie et en science des matériaux.

Le nombre de diplômes décernés en métallurgie aux premier et deuxième cycles a augmenté considérablement (tableau 3.4). Cela n'a pas été le cas en génie minier, où le nombre de diplômes de premier cycle a chuté, tandis que le nombre de diplômes de deuxième cycle a fluctué. L'intérêt accru pour la métallurgie par rapport au génie minier est dénoté par le nombre de doctorats décernés. Entre 1980 et 1987, 32 doctorats ont été décernés en génie minier par rapport à 153 en métallurgie.

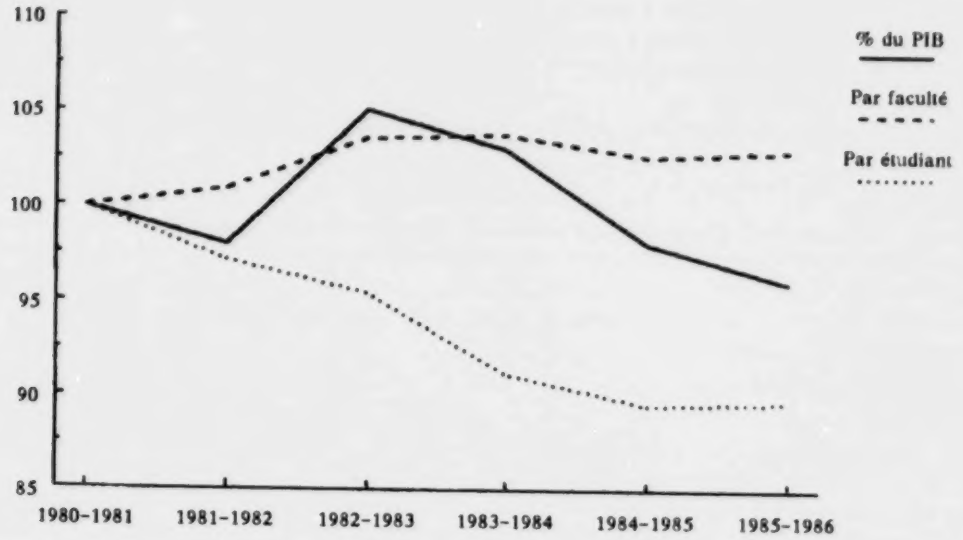


Figure 3.8 Tendances dans les revenus d'exploitation des universités, 1980–1981 à 1985–1986 (1980–1981 = 100)

Historiquement, l'université Queen's a décerné le plus grand nombre de diplômes de premier, deuxième et troisième cycles en génie minier. En métallurgie et en génie métallurgique, aucune université ne se distingue des autres.

R–D DANS CERTAINES DISCIPLINES SCIENTIFIQUES

R–D sur les minéraux dans les universités

Les universités consacrent environ 13 % de leurs dépenses totales à la recherche, et ce chiffre a augmenté de 40 % entre 1980–1981 et 1985–1986. Entre temps, les revenus d'exploitation des universités n'ont presque pas augmenté. La recherche universitaire au Canada est presque entièrement parrainée grâce à des subventions pour des projets particuliers. Les revenus de parrainage pour la recherche ont augmenté constamment depuis 1980–1981, et leur croissance est comparée à celle du PIB et des revenus d'exploitation des universités à la figure 3.9.

La principale source de financement (environ 60 %) de la recherche parrainée est le gouvernement fédéral. Au sein du gouvernement fédéral, la principale source de parrainage de la R–D en sciences naturelles et en génie est le CRSNG. Les subventions des comités de pairs du CRSNG pour les programmes de base en génie minier et en métallurgie ont augmenté de 73 % de 1980–1981 à 1986–1987, soit bien au–delà de l'augmentation de 28 % pour l'ensemble des disciplines (tableau 3.4). Ces subventions vont presque entièrement à la métallurgie car les subventions au génie

minier sont négligeables. En termes de subventions stratégiques, dont les objectifs sont variables et qui renseignent sur l'orientation que le gouvernement entend donner à la recherche, il semble que l'aide aux disciplines basées sur les ressources ait décliné au profit des disciplines axées sur la haute technologie. Aucune subvention stratégique n'a été accordée en génie minier, mais elles ont augmenté considérablement en métallurgie, beaucoup plus que pour l'ensemble des disciplines.

Le nombre total d'inscriptions aux programmes à plein temps des deuxième et troisième cycles dans les universités a augmenté de 22 entre 1980–1981 et 1985–1986, tandis que le nombre d'inscriptions en sciences naturelles et en génie a augmenté de 43 %. La figure 3.10 indique les tendances dans le nombre total d'inscriptions aux deuxième et troisième cycles, tandis que la figure 3.11 indique comment les étudiants de deuxième et troisième cycles se répartissent en sciences naturelles et en génie.

Tableau 3.4 Indicateurs de l'aide en génie minier et en métallurgie dans les universités, 1980 et 1986

	1980	1986	% en variation
Diplômes de premier cycle			
Génie minier[a]	123	107	−13.0
Métallurgie[b]	83	130	56.6
Total, génie minier et métallurgie	106	237	15.0
Diplômes de deuxième cycle			
Génie minier[a]	22	26	18.2
Métallurgie[b]	23	78	239.1
Total, génie minier et métallurgie	45	104	131.1
Doctorats			
Génie minier[a]	3	3	0.0
Métallurgie[b]	15	26	73.3
Total, génie minier et métallurgie	18	29	61.1
Inscriptions aux deuxième et troisième cycles[c]			
Génie minier et métallurgie	193	357	85.0
Total, Canada	44 658	54 611	22.3
Subventions du CRSNG (milliers de dollars de 1981)[d]			
Génier minier et métallurgie	2 201	3 805	72.9
Total, CRSNG	114 171	145 694	27.6
Bourses du CRSNG (nombre)[e]			
Génie minier et métallurgie	17	38	123.5
Total, CRSNG	2 046	3 107	51.9

Source : Tableaux 6.15, 6.16, 6.17, 7.2, 7.5, 7.6 et 7.12, Étude de base en matière de R-D sur les minéraux au Canada

[a] Comprend le génie minier, la préparation et le traitement des minéraux

[b] Comprend la métallurgie (arts et sciences) et le génie métallurgique

[c] 1980–1981 et 1985–1986

[d] Subventions pour programmes de base, 1980–1981 et 1986–1987

[e] 1981–1982 et 1986–1987

Figure 3.9 Revenu pour la recherche parrainée, PIB et revenu d'exploitation des universités, 1980–1981 à 1985–1986 (1980–1981 = 100)

Comparaison des tendances en matière de R–D dans diverses disciplines

Deux indicateurs des tendances dans les niveaux et l'orientation de la R–D universitaire sont à la fois disponibles et utiles : l'aide financière accordée par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) aux universités, et les inscriptions aux deuxième et troisième cycles. Le tableau 3.5 renseigne sur les deux indicateurs dans diverses disciplines des sciences naturelles et du génie.

En génie minier et en métallurgie, le nombre d'inscriptions aux deuxième et troisième cycles et les subventions pour des programmes de base du CRSNG ont augmenté beaucoup plus considérablement, durant cette décennie, que dans les disciplines très générales des sciences naturelles et du génie. Le génie minier et la métallurgie ont ensemble recueilli environ 2,5 % tant du nombre total d'inscriptions aux deuxième et troisième cycles que de l'ensemble des subventions pour des programmes de base du CRSNG. Cependant, le génie minier a représenté à lui seul 0,7 % des inscriptions aux deuxième et troisième cycles en 1985–1986, mais n'a recueilli cette année–là que 0,1 % des subventions pour des programmes de base du CRSNG.

Tableau 3.5 Comparaison des inscriptions aux deuxième et troisième cycles et des subventions du Conseil national de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG)

	Inscription aux deuxième et troisième cycles		Subventions pour programmes de base du CRSNG	
	% du total 1985–1986	% variation 1980–1981 à 1985–1986	% du total 1986–1987	% variation 1980–1981 à 1987–1988
Biologie	16,8	25,3	24,0	29,7
Chimie	9,3	38,4	12,1	1,0
Physique et espace	6,8	37,4	17,9	34,5
Sciences de la terre	5,9	44,7	7,2	12,1
Math., stat., informatique	12,2	66,1	9,3	57,6
Génie	33,0	59,2	24,7	34,3
minier et métallurgie	2,4	85,0	2,6	72,9*
Psychologie	16,0	26,0	4,2	33,4
Interdisciplinaire	nd	nd	0,6	12,5
Total	100,0	43,0	100,0	27,6

Source : Tableaux 7 et 8, Étude de base en matière de R–D sur les minéraux au Canada
* 1980–1981 à 1986–1987
nd – non disponible

R–D sur les minéraux dans les universités

L'enquête effectuée dans les universités par le Centre for Resource Studies renseigne sur les niveaux et les sources de financement de la recherche dans les départements de génie minier et de génie métallurgique. Malheureusement, les résultats sont incomplets, car certains départements n'ont pas été en mesure de fournir l'information requise. Les résultats sous–estiment donc le niveau total de financement.

Les subventions et les contrats de R–D déclarés par les départements de génie minier et de génie métallurgique se sont élevés aux environs de 9 à 10 millions de dollars par année entre 1984 et 1986. Environ la moitié des fonds ont été fournis par le CRSNG, tandis que d'autres sources fédérales et les gouvernements provinciaux ont fourni de 15 à 20 % des fonds totaux chacun. L'industrie a fourni entre 10 et 15 % des fonds. Il semble qu'environ 70 % des fonds étaient destinés à la recherche en métallurgie.

COMPARAISON DES DÉPENSES DE R–D DANS D'AUTRES SECTEURS DES RESSOURCES

Pour situer l'analyse de la R–D sur les minéraux dans une perspective plus large, nous comparons ici les dépenses de R–D dans les divers secteurs des ressources au Canada. Les trois grands secteurs des ressources au Canada sont les minéraux (répartis entre le secteur du pétrole et le secteur non

pétrolier), l'agriculture (y compris les pêches) et la foresterie. À cause de la façon dont Statistique Canada présente ses données, et pour permettre une comparaison générale entre les secteurs, les volets produits bruts, transformation et finition de chaque secteur ont été combinés. À moins d'indications contraires, l'analyse suivante porte sur les secteurs dans leur ensemble.

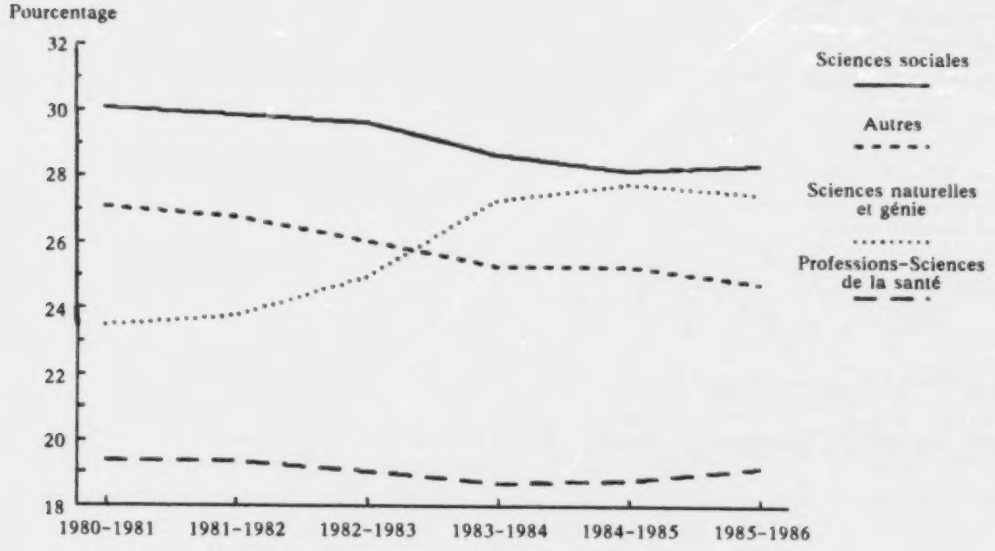


Figure 3.10 Répartition des étudiants de 2e et 3e cycles à temps complet, par domaine d'étude, 1980–1981 à 1985–1986

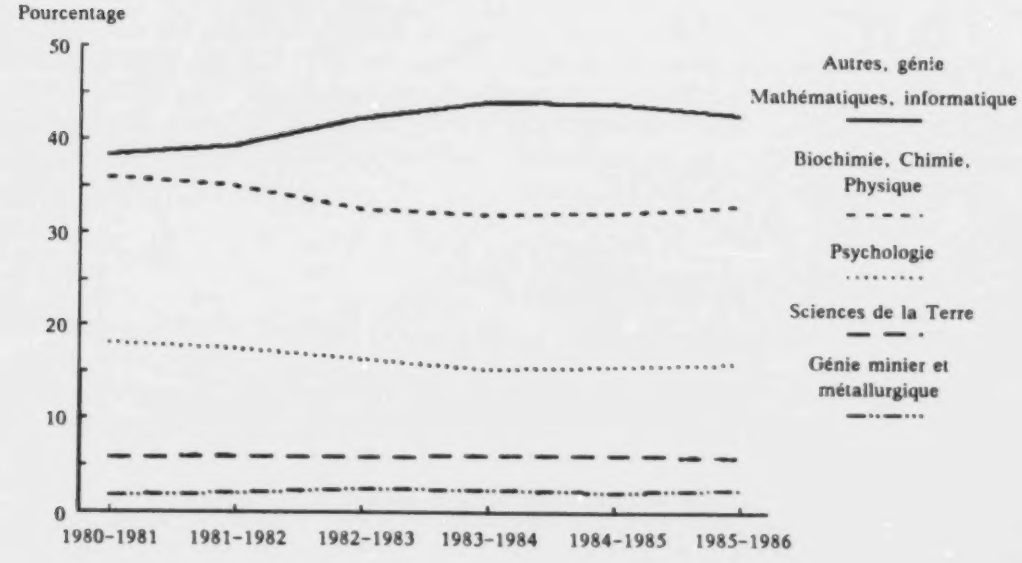


Figure 3.11 Répartition des étudiants de 2e et 3e cycles à temps complet, en sciences naturelles et en génie, 1980–1981 à 1985–1986

Contribution économique des secteurs des ressources

Dans l'ensemble, les secteurs des ressources ont vu leur part du PIB total diminuer au cours de la dernière décennie, de 25 % en 1975 à un peu plus de 17 % en 1987. Cette tendance ressort dans la figure 3.12. La figure 3.13 montre la contribution de la composante produits bruts de ces secteurs au PIB, si on exclut les stades de la transformation et de la finition. Le secteur agricole a contribué le plus au PIB pendant la décennie, tandis que la foresterie présente la plus faible part. La contribution des secteurs des ressources aux exportations dépasse de beaucoup leur contribution au PIB, même si elle est en déclin. En 1980, ces secteurs représentaient plus de 60 % des exportations, mais en 1986, ce chiffre avait chuté à un peu plus de 45 %. En termes d'emploi, les secteurs des ressources présentent des variations encore plus importantes. En 1985, l'agriculture fournissait de loin le plus grand nombre d'emplois (plus de 700 000). Les industries des minéraux et de la foresterie étaient à peu près sur le même pied d'égalité (250 000 et 268 000 emplois, respectivement), tandis que l'industrie du pétrole ne fournissait que 86 000 emplois. Certaines provinces, régions et collectivités dépendent beaucoup des industries des ressources en ce qui a trait à l'emploi et à l'activité économique.

Aperçu de la R-D dans les secteurs des ressources

Le tableau 3.6 résume les principales sources de financement de la R-D dans les secteurs des ressources. Il est pratiquement impossible d'obtenir des chiffres définitifs représentant le niveau et l'intensité de l'aide gouvernementale à la R-D par secteur : les données sont simplement trop éparses. Les données du tableau 3.6 ne sont pas additives et ne sont en aucun cas exhaustives. Elles ne sont qu'une indication des sources, des niveaux et des tendances en matière de financement dans les divers secteurs.

Les dépenses d'exploration pétrolière et gazière sont extrêmement élevées par rapport à la valeur ajoutée, comparativement aux dépenses d'exploitation minière. Cela tient en partie à l'attente de grandes découvertes de pétrole et au coût de production relativement faible.

Dans les dépenses de R-D, une donnée ressort, c'est le niveau élevé d'aide d'Agriculture Canada à la R-D en agriculture, qui tient à l'histoire économique et au manque extrême de concentration de la propriété dans le secteur. L'aide de l'industrie, principalement de l'Alcan, à la R-D sur les métaux est aussi remarquable. Les valeurs de l'intensité de la R-D (financement moyen annuel de la R-D en pourcentage du PIB de 1986, dans la partie pertinente du secteur) ne devraient pas être considérées comme des indicateurs absolus de l'intensité de la R-D, car les chiffres de R-D sont simplement des moyennes d'agrégats bruts pour différentes périodes. Elles ne donnent qu'une indication des intensités relatives.

La comparaison de la contribution de chaque secteur à la R-D totale dans l'industrie et au PIB total en 1987 est instructive. Les figures 3.14 et 3.15 comparent ces mesures pour chaque secteur dans son ensemble et indiquent la composante principale de chaque secteur. L'industrie des minéraux et l'industrie pétrolière contribuent davantage à la R-D totale qu'au PIB. C'est le cas contraire pour la foresterie et l'agriculture, et, même si cette dernière est le secteur des ressources le plus important en termes de contribution au PIB, il n'en reste pas moins que son secteur industriel présente la plus faible contribution à la R-D parmi tous les secteurs des ressources. Le rapport des dépenses courantes pour la R-D intra-muros aux ventes dans les secteurs des ressources montre qu'une telle intensité est, en général, égale ou inférieure à l'intensité moyenne de la R-D industrielle au Canada, et bien inférieure aux niveaux nécessaires pour s'assurer que les industries axées sur la technologie demeurent compétitives.

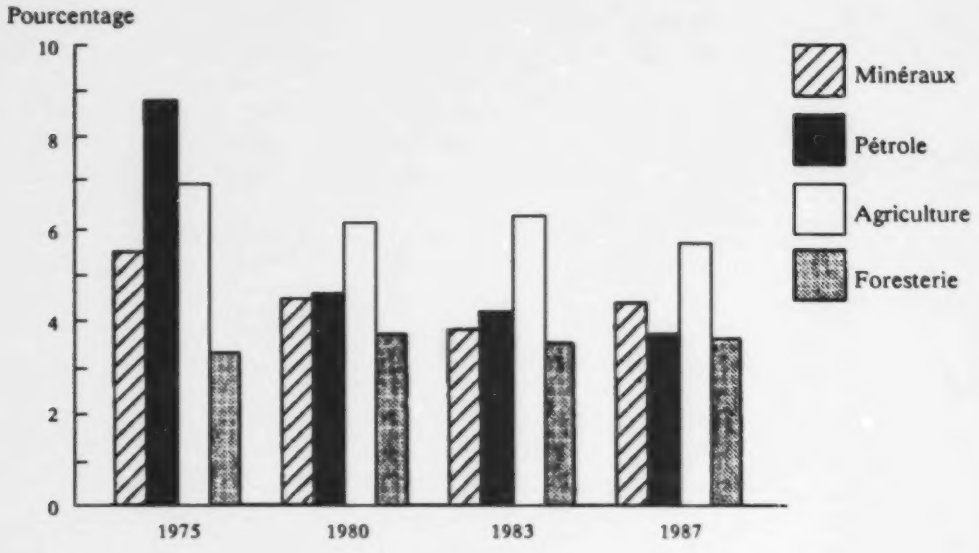


Figure 3.12 Contribution des secteurs des ressources au PIB total, diverses années (PIB du secteur en pourcentage du PIB total)

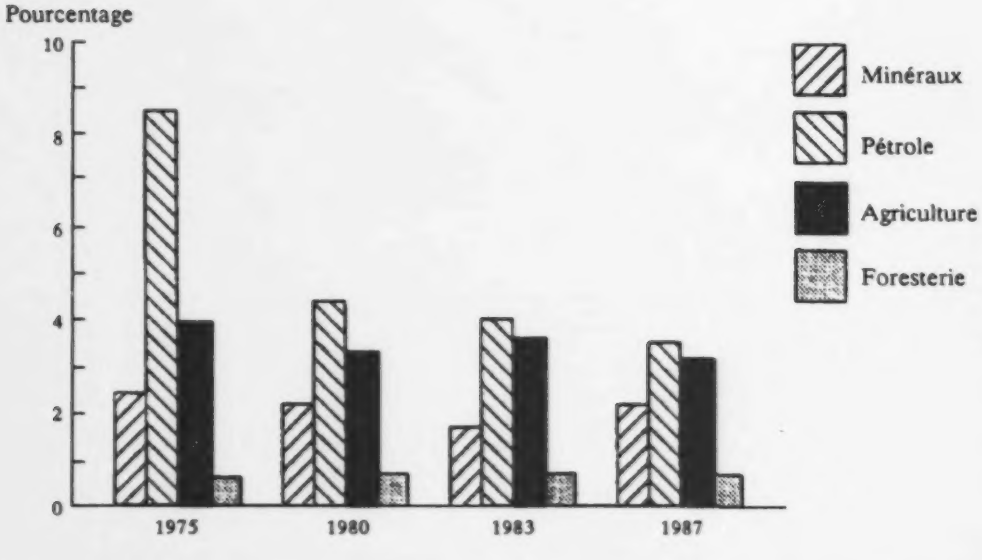


Figure 3.13 Contribution des secteurs des ressources brutes au PIB total, diverses années (PIB du secteur des ressources brutes en pourcentage du PIB total)

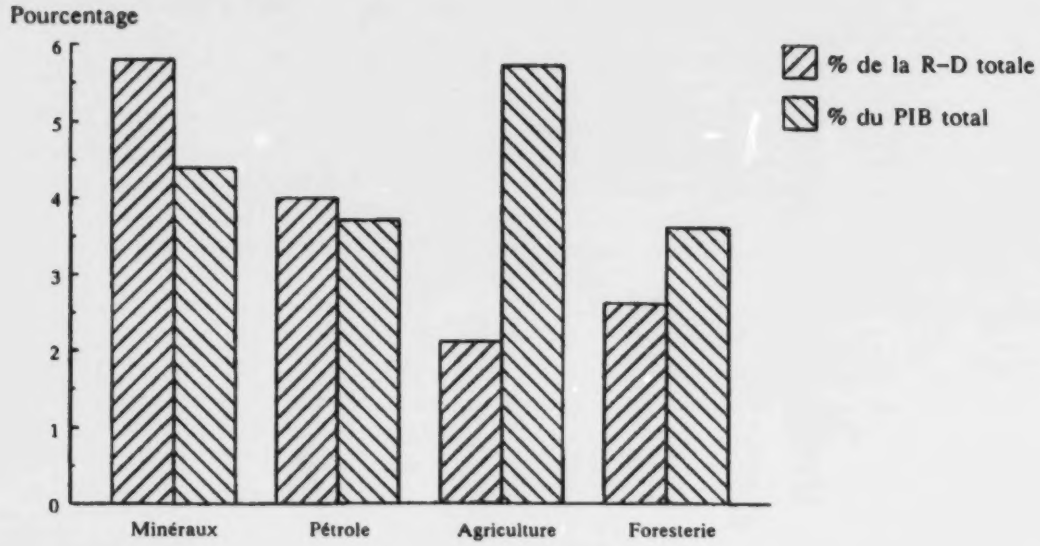


Figure 3.14 Contribution des secteurs des ressources au PIB total et à la R-D totale dans l'industrie, 1987

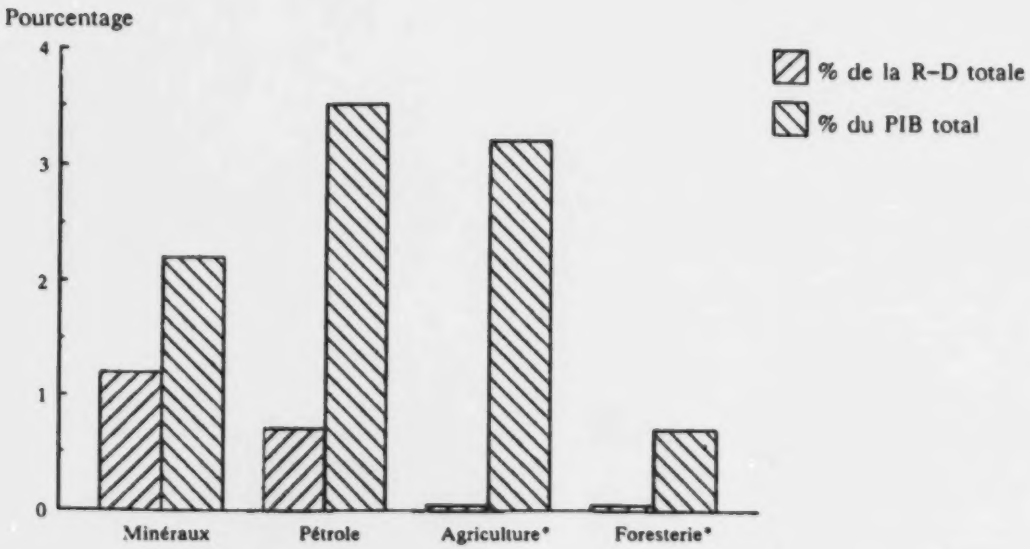


Figure 3.15 Contribution des secteurs des ressources primaires au PIB total et à la R-D totale dans l'industrie, 1987
*Valeurs de la R-D inconnues mais très faibles, selon Statistique Canada, 88-202

Tableau 3.6 Résumé de l'aide à la R-D dans les principaux secteurs des ressources

Secteur	Source	Aide moyenne annuelle (millions de dollars de 1981)	Pourcentage de variation au cours de la période	Période	Moyenne annuelle en % du PIB du secteur en 1987[a]
Sciences de la Terre Géosciences et exploration	Fédérale				
	CGC total	61	88	1982/1983-1986/1987	0.3
	CGC services votés Exploitation	19	-29	1980/1981-1986/1987	nd
	Provinciale (CG)				
	Total	48	22	1981/1982-1985/1986	0.2
	Services votés	39	-4	1981/1982-1985/1986	0.2
	Industrie				
	Exploration minière	474	22	1980-1987	6.0
	Exploration pétrolière et gazière	3 963	-57	1980-1987	30.0
R-D	Fédérale				
	CGC	51	86	1982/1983-1986/1987	0.2
	CRSNG, total ST	14	36	1980/1981-1986/1987	0.06
	Subventions EMR	0.6	-23	1980-1987	0.0
	Provinciale				
	Levés	21[e]	25[e]	1981/1982-1985/1986	nd
	Industrie	2[e]	nd		nd
Secteur des minéraux	Fédérale				
	CANMET[b]				
	Total	61	-12	1985/1986-1987/1988	0.5
	Services votés	33	-12	1985/1986-1987/1988	0.3
	Subventions EMR[c]	0.7	-21	1980-1987	0.01
	CRSNG génie minier	0.2	nd	1980/1981-1986/1987	0.0
	métallurgie	4	91	1980/1981-1986/1987	0.03
	Provinciale				
	EDM	1	nd	1984-1991	0.01
	CRM	6	17	1980/1981-1987/1988	0.9 [d]
	Alberta (ARC charbon)	2	16	1982/1983-1987/1988	0.2 [e]

Tableau 3.6 (suite)

Secteur	Source	Aide moyenne annuelle (millions de dollars de 1981)	Pourcentage de variation au cours de la période	Période	Moyenne annuelle en % du PIB du secteur en 1987[a]
	Industrie				
	Exploitation minière	42	−26	1981–1987	0.5
	Métaux	99	−35	1981–1987	2.4
	Minéraux non métalliques	11	38	1981–1986	0.6
Pétrole (primaire)	Fédérale	nd	nd		nd
	Provinciale	nd	nd		nd
	Industrie	56	−70	1980–1987	0.4
Agriculture (primaire et transformation)	Fédérale				
	Agriculture Canada[f]	245	61	1980/1981–1986/1987	1.1
	Agriculture moins foresterie	nd	nd		0.9[e]
	Ententes fédérales – provinciales[g]	10	nd	1982–1990	0.05
	Provinciale				
	Ontario–ARI[h]	26	−1	1981/1982–1986/1987	nd
	Québec	14	110	1980/1981–1986/1987	nd
	Industrie	62	22	1980–1987	0.3
Foresterie (primaire et transformation)	Fédérale				
	SCF[i]	57	23	1984/1985–1986/1987	0.9
	PRUF[j]	2	nd	1985	
	Ententes de développement forestier[k]	nd	nd		
	Provinciale	nd	nd		
	Industrie	15	0	1980–1987	0.2
	IRPP[l]	13	9	1980–1987	0.2

Tableau 3.6 (suite)

Sources : Divers tableaux de l'Étude de base sur les sciences de la Terre au Canada. indices PIB tirés du tableau 8.2 dans la source citée.

nd – non disponible
n/a – non applicable

[a] L'indice PIB des Sciences de la Terre est tiré du secteur des minéraux et du pétrole primaires
[b] Dépenses de CANMET en technologie des minéraux. soit 100 % de la R–D dans ce tableau
[c] Technologie minière et technologie des minéraux
[d] 6 millions de dollars en pourcentage du PIB des mines de 1984. au Québec
[e] 2 millions de dollars en pourcentage du PIB des mines (pétrole et gaz non compris) de 1984. en Alberta
[f] Estimation de l'auteur
[g] Compris dans Agriculture Canada ci–dessus. Dollars ($) courants.
[h] ARI – Agricultural Research Institute
[i] SCF – Service canadien des forêts
[j] PRUF – Programme de recherche universitaire en foresterie
[k] Les ententes de développement forestier comportaient relativement peu de R–D. L'aide totale pour 1982–1990 est de 421 millions de dollars du fédéral et de 406 millions de dollars des provinces. principalement pour la gestion des forêts
[l] PAPRICAN – Institut canadien de recherches sur les pâtes et papiers (financement conjoint de l'industrie et du gouvernement)

Données de R-D par secteur

R-D en sciences de la Terre

La R-D en sciences de la Terre, les travaux géoscientifiques et l'exploration sont des éléments essentiels au développement et au maintien de compétences pour trouver des gisements de minéraux destinés autant à l'industrie minière qu'aux industries du pétrole et du gaz. La plupart de la R-D en sciences de la Terre et des travaux géoscientifiques sont effectués par la Commission géologique du Canada (CGC) et par les divers services géologiques provinciaux. Les dépenses totales en géoscience et en exploration de la CGC ont atteint en moyenne 61 millions de dollars par année entre 1982-1983 et 1986-1987, et ont augmenté considérablement par la suite. Cependant, l'aide à long terme, grâce à des fonds d'exploitation provenant de services votés (par rapport aux programmes temporaires de financement additionnel), a en fait diminué assez régulièrement et devrait continuer de décliner. Une grande partie de l'aide de la CGC en sciences de la Terre provient des fonds des EDM pour la composante géoscientifique fédérale, une source de financement temporaire.

Les activités provinciales en sciences de la Terre se sont chiffrées en moyenne à 48 millions de dollars environ, entre 1980-1981 et 1985-1986. Les dépenses provinciales votées dans ce domaine ont aussi diminué, mais dans une mesure moindre que les services votés au fédéral. Ensemble, ces diminutions semblent indiquer un engagement réduit de la part du gouvernement dans la recherche en sciences de la Terre. L'industrie n'effectue presque aucune R-D en sciences de la Terre, même si ses programmes d'exploration produisent beaucoup de données géoscientifiques qui est dévolu au domaine public.

Recherche dans le secteur des minéraux

Ce secteur est analysé en détail dans ce chapitre.

Recherche dans l'industrie du pétrole

Les données sur la R-D dans l'industrie pétrolière et gazière se rapportant à la catégorie combinée de l'exploration et de la production sont compilées à partir de l'information recueillie dans une enquête par la Petroleum Monitoring Agency (PMA). L'enquête qui s'est étendue à 90 % environ de l'industrie indique que la R-D a connu un sommet en 1981 pour ensuite décliner et connaître une légère remontée en 1985, suivie d'une chute importante en 1986. La baisse soudaine de 1986 est attribuable à la chute des prix du pétrole cette année-là et a été accentuée par la réduction de 50 % de l'aide fédérale à l'industrie.

Statistique Canada présente des chiffres beaucoup plus faibles pour les dépenses de R-D dans l'industrie du pétrole et du gaz naturel que ceux obtenus par la PMA, mais l'évolution des dépenses est la même.

Recherche en agriculture

En agriculture, le fédéral effectue surtout de la recherche intra-muros, par l'intermédiaire de la Direction de la recherche d'Agriculture Canada. Les dépenses en S et T du Ministère représentent environ 25 % des dépenses totales, dont plus de 85 % va à la R-D (273 millions de dollars en 1987-1988). L'aide à la recherche extra-muros dans l'industrie et les universités est très faible, ne s'élevant qu'à quelques pour cent des dépenses totales de R-D. Des ententes fédérales-provinciales auxiliaires pour le développement de l'agriculture et de l'alimentation, administrées dans le cadre des

ententes de développement économique et régional, ont été signées par six provinces, et deux autres sont en voie d'être conclues. Ces ententes prévoient le financement d'une composante importante de la recherche appliquée en agriculture (environ 90 millions de dollars courants entre 1982 et 1990).

Il est, en général, assez difficile d'obtenir des données sur les dépenses des provinces et de l'industrie pour la recherche en agriculture. Seul l'Ontario et le Québec sont dotés de programmes de dépenses qu'il est facile d'identifier. L'Ontario subventionne la recherche en agriculture par le truchement de l'Agricultural Research Institute of Ontario, dont le budget moyen a été plus ou moins maintenu à 26 millions de dollars par année entre 1981–1982 et 1986–1987. Plus de la moitié de ce budget est consacrée à un contrat avec l'Université de Guelph. Au Québec, les crédits budgétaires de R–D d'Agriculture, Pêcheries et Alimentation Québec, ont plus que doublé entre 1980–1981 et 1986–1987, atteignant 14 millions de dollars par année, en moyenne.

Recherche en foresterie

Au fédéral, la R–D en foresterie est réalisée par le Service canadien des forêts (SCF) qui administre également un programme de subventions aux universités pour la recherche en foresterie. Depuis 1983, le SCF fait partie d'Agriculture Canada. Les dépenses totales du SCF ont augmenté de 53,5 millions de dollars en 1980–1981 à 232 millions de dollars en 1986–1987. Les dépenses pour la recherche entre 1984–1985 et 1986–1987 se sont maintenues à 57 millions de dollars par année en moyenne, et ont augmenté de 23 % pendant la période de 3 ans. Des ententes fédérales–provinciales de développement forestier ont été signées avec huit provinces, mais elles visent plutôt la gestion des forêts que la recherche. L'industrie forestière se distingue des industries des ressources par son propre organisme de recherche coopérative, l'Institut canadien de recherches sur les pâtes et papiers (PAPRICAN), une coentreprise du gouvernement fédéral, de l'université McGill, de l'Université de la Colombie–Britannique et de l'Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers. PAPRICAN a dépensé en moyenne 14,5 millions de dollars par année environ, entre 1980 et 1986.

CONCLUSION

La recherche et développement sur les minéraux est une composante vitale de l'effort visant à maintenir et améliorer la compétitivité du secteur des minéraux et à trouver de nouveaux débouchés pour les produits minéraux. Le secteur des minéraux, en particulier les mines, a perdu de son importance dans l'économie canadienne, mais il continue néanmoins de jouer un rôle important, notamment dans les exportations canadiennes; et même s'il contribue peu à l'emploi total, il emploie beaucoup de travailleurs dans certaines régions.

L'industrie minérale est dans sa phase de maturité. Le Canada a un bon potentiel minéral ainsi que la capacité technologique pour le mettre en valeur. Cependant, les fluctuations de la demande, la chute des prix et la concurrence accrue de la part d'autres fournisseurs étrangers ont depuis quelques années nui à l'industrie. Dans un tel environnement, la R–D est cruciale pour maintenir une position de concurrence et mettre en valeur le potentiel à long terme de l'industrie.

Les entreprises et les gouvernements contribuent tous les deux à l'effort de R–D dans les secteurs des mines et des métaux au Canada (tableaux 3.1, 3.2 et 3.3). En 1986, les gouvernements et l'industrie ont ensemble dépensé environ 47 millions de dollars dans le secteur des mines, soit environ 0,5 % du PIB des mines de 1986 qui a été de 9 465 millions de dollars. Le gouvernement fédéral a dépensé environ 11 millions de dollars, les provinces 5 millions de dollars et l'industrie environ 31 millions de

dollars à même ses propres fonds. La valeur de la R-D effectuée réellement par l'industrie, environ 39 millions de dollars, a été plus élevée que la participation financière de cette dernière.

Dans la R-D sur les métaux, les gouvernements et les entreprises ont dépensé environ 75 millions de dolla , en 1986, soit 1,4 % du PIB des métaux primaires qui a été de 5537 millions de dollars en 1986. La plus grande contribution a été celle de l'industrie (45 millions de dollars de ses propres ressources), tandis que le gouvernement fédéral a fourni environ 27 millions de dollars et les provinces environ 4 millions de dollars. La valeur de la R-D sur les métaux effectuée par l'industrie a été de 91 millions de dollars, la plus grande partie par Alcan.

Une partie des dépenses totales des gouvernements en 1986 dans la R-D en génie minier et en métallurgie provenaient des EDM : environ 5,4 millions de dollars sur un total de 46 millions de dollars. Les EDM se terminent en 1990-1991 et semblent être le principal effort de R-D sur les mines et les minéraux dans un grand nombre de provinces.

Les contributions à la R-D susmentionnées sont des estimations. Les niveaux de financement total réel sont plus élevés. Par exemple, la différence entre les dépenses de R-D dans l'entreprise et la valeur de cette R-D tient en grande partie à des fonds provenant non du gouvernement fédéral mais d'autres sources canadiennes et étrangères, y compris de transferts au sein d'entreprises. Dans le secteur des métaux primaires, les fonds de 45 millions de dollars de ces deux sources représentaient environ la moitié des dépenses de R-D dans l'industrie. Ces fonds provenaient en grande partie d'Alcan International. Certains de ces fonds peuvent provenir de gouvernements provinciaux, de sorte qu'ils peuvent être comptés en double, mais lorsque ajoutés aux dépenses propres des gouvernements et de l'entreprise, les dépenses de R-D sur les métaux s'élèvent à 120 millions de dollars, soit 2,2 % du PIB pour les métaux primaires.

Les niveaux globaux de financement de la R-D constituent un indicateur majeur de l'importance attachée à la recherche sur les mines et les métaux. Un autre indicateur est l'orientation de la recherche et de l'enseignement universitaires. C'est dans les universités que la plus grande partie de la recherche fondamentale est effectuée, et c'est aussi des universités qu'émergeront les futurs chercheurs et innovateurs. En général, il semble que la métallurgie se porte mieux que la moyenne, même si le génie minier recueille très peu d'aide pour la R-D et attire moins d'étudiants de 2e et 3e cycles. La croissance du nombre d'inscriptions aux deuxième et troisième cycles, ainsi que du nombre des subventions et des bourses du CRSNG, a été plus élevée entre 1980 et 1987 dans la catégorie combinée du génie minier et de la métallurgie que dans toutes les disciplines combinées.

L'orientation de la R-D gouvernementale s'est, en général, écartée des secteurs des ressources. Cependant, certains secteurs des ressources se portent mieux que d'autres. La R-D en agriculture reçoit du gouvernement l'aide relative la plus généreuse et présente la plus forte intensité en termes du PIB par secteur ainsi que le taux de croissance le plus rapide. L'ensemble des entreprises de ressources primaires consacre moins de 1 % des ventes à la R-D; dans la plupart des cas, moins de 0,5 %. L'industrie des minéraux effectue pas mal de recherche intra-muros (surtout sur les métaux plutôt que sur les mines). L'industrie du pétrole a diminué de beaucoup ses dépenses de R-D, et l'industrie forestière a maintenu à peu près la même intensité de R-D que le secteur des minéraux. La R-D industrielle en pourcentage du PIB dans tous les secteurs des ressources demeure inférieure à la moyenne industrielle et est trop faible pour soutenir un effort d'innovation technologique majeur.

En résumé, il semble que la R-D sur les métaux est relativement importante, même si elle dépend en grande partie de l'effort d'une seule société. L'aide aux universités semble également assez importante. La situation est moins favorable dans le secteur des mines, où l'intensité totale de la R-D est beaucoup moindre et où le financement de la R-D universitaire est faible.

CHAPITRE 4. COMPARAISONS INTERNATIONALES: LE CONTEXTE ÉCONOMIQUE

Le présent chapitre porte sur la position du Canada et des sept autres pays de l'OCDE étudiés en termes des deux premiers facteurs identifiés dans le cadre de comparaison : le cycle de vie de l'industrie des minéraux et la dépendance à l'endroit des importations et des exportations. Les tableaux 4.1 et 4.2 sont des résumés de statistiques caractérisant l'économie, le secteur des minéraux et la contribution de ce dernier à l'économie de chacun des huit pays. Comme dans les autres chapitres de ce rapport, le lecteur est mis en garde contre les problèmes de comparabilité, de fiabilité et d'étendue variable des données dans le temps.

STADE DU CYCLE DE VIE

Aucune des industries des minéraux des pays étudiés ne se trouve dans le stade initial ou dans le deuxième stade de croissance précoce et rapide. La plupart se trouvent dans le stade du déclin : certaines y sont entré récemment ou sont en voie d'y entrer, et d'autres en sont à la toute fin. Le stade d'évolution de l'industrie des minéraux de chaque pays varie selon le produit, mais des généralisations sont possibles.

L'industrie canadienne en est au troisième stade, celle de la maturation, pour un grand nombre de ses produits minéraux. Cette phase est caractérisée par la viabilité économique et le potentiel de croissance, et peut durer de nombreuses décennies, voire des siècles. La situation de chaque produit dans son cycle de vie nécessiterait une évaluation des réserves, de la position des producteurs sur une courbe de coût et de chaque produit sur des courbes de demande et d'intensité d'utilisation. Le ralentissement structural du secteur canadien des minéraux depuis le début des années 1980 a été mal interprété par de nombreux observateurs comme un déclin permanent. Plutôt qu'un déclin, il s'agit d'un rajustement sur un nouveau plateau, en réponse à des circonstances changeantes de l'offre, de la demande, du taux de change et des prix relatifs des produits minéraux (annexe B, tableau B.4). L'excellent potentiel géologique du Canada et la capacité prouvée de l'industrie minière à réagir, quand besoin est, en introduisant des améliorations technologiques et des mesures de réduction des coûts pour demeurer concurrentielle, confirment que l'avenir de l'industrie est prometteur. Cette opinion est renforcée par une récente étude de Léo Verleun et Brian Mackenzie, laquelle démontre que les gisements de minéraux dans le nord du Canada, là où le potentiel a à peine été mis en valeur, sont plus économiques et offrent un taux de rendement potentiel plus élevé que les gisements dans le sud[1]. L'industrie canadienne des minéraux exploitera d'autres gisements et d'autres produits, mais son avenir est prometteur.

L'Australie est le seul autre pays parmi ceux étudiés, dont l'industrie des minéraux se trouve dans la phase de maturité de son cycle de vie. Le secteur minier australien a connu une forte croissance au cours des dernières décennies. Même si son importance a diminué quelque peu pendant les années 1980, il demeure un important secteur économique. Il se compare à l'industrie canadienne quant à sa contribution au PIB et à l'emploi, mais ses exportations sont beaucoup plus importantes. Comme le Canada, l'Australie possède d'importantes réserves ainsi qu'un potentiel économique à long terme intéressant. Toujours comme le Canada, l'Australie transforme relativement peu ses produits minéraux bruts en produits intermédiaires ou finis, compte tenu de la taille de son industrie minière.

Les industries des minéraux primaires de tous les autres pays étudiés peuvent être considérées comme étant dans la phase du déclin de leur cycle de vie, même si celle des États-Unis pourrait être mieux classée comme approchant la fin de sa phase de maturité. Sa production totale de minéraux est encore beaucoup plus élevée que celle du Canada (tableau 4.1).

---

[1] L. Verleun et B. Mackenzie, *Mining Potential in Northern and Southern Canada: A Comparison of the Quality and Viability of Base Metal Resources*. Centre for Resource Studies, Kingston (Ontario), 1988.

Tableau 4.1 Mesures de l'activité économique de l'industrie des minéraux : PIB, valeur de la production minérale et dépenses d'exploration, 1985 (valeur en milliards de dollars US de 1985 ou en pour cent) ou 1980–1985 (pourcentage de variation*)

	Canada	Australie	Finlande	France	Allemagne de l'Ouest	Suède	Royaume-Uni	États-Unis
PIB total	316.7	155.1	54.0	510.2	625.0	100.2	454.3	3 496.6
% de variation	2.9	3.1 [a]	2.7	1.3	1.3	1.8	1.8	2.4
Par habitant	12 577	9 847	11 204	9 251	10 243	11 994	8 026	16 494
PIB des minéraux								
Mines	8.7	4.5 [c]	.2	2.5 [b]	5.0 [d]	.5	5.2 [c]	26.6
Métaux de première transformation	5.0	2.5 [c]	.5	8.2 [b]	13.6 [d]	1.2	5.7 [c]	35.2
Total	13.7	7.0 [c]	.7	10.7 [b]	18.6 [d]	1.7	10.9 [c]	61.8
% du PIB total								
Mines	2.7	3.2 [c]	.4	.5 [b]	.8 [d]	.5	1.2 [c]	.7
Métaux de première transformation	1.6	1.8 [c]	1.0	1.6 [b]	2.3	1.2	1.3 [c]	.9
Total	4.3	5.0 [c]	1.3	2.1 [b]	3.1 [d]	1.7	2.5 [c]	1.6
% de variation								
Mines	3.7	−.2 [f]	−.6	−3.4 [k]	1.4 [d]	4.2	−21.7 [f]	−1.6
Métaux de première transformation	5.0	−.6 [e]	−1.1	−1.6 [k]	−2.9	1.1	−2.3 [f]	−8.0
Total	4.0	−2.4 [f]	−1.1	−2.1 [k]	−1.9 [d]	1.8	−11.9 [f]	−5.8
Produits métalliques manufacturés[1]								
PIB	4.3	2.0	0.8	5.8	13.7 [b]	1.9	7.5 [i]	61.8
% du PIB total	1.4	1.4	1.4	1.2	2.3 [b]	1.9	1.8 [i]	1.6
% de variation	−1.0	−1.9	2.8	−1.9	−2.6 [k]	.9	−1.6 [f]	−2.1
Valeur de la production minérale								
% de variation								
Mines	−4.4	.3 [g]	4.4	−3.6	0.1	4.7	4.5	−5.0
Métaux de première transformation	nd	−3.4 [k]	−.8	−3.7	−4.1	.6	−4.4 [k]	−8.1
Total	nd	−3.1 [g]	−.3	−3.7	−3.1	1.1	−9.2 [k]	−7.3
Dépenses d'exploration								
% de variation	−3.8	−11.4 [h]	−2.5	nd	négatif	−3.8	9.2	−16.1
% de la production	3.2	3.7 [i]	4.7	nd	nd	5.1 [j]	.1	.4
Par km²	36	41	53	nd	nd	58	10	20

Tableau 4.1 (suite)

Sources : Étude de base sur chaque pays : OCDE. *Industrial Structure Statistics*, diverses années : OCDE. *National Accounts*, 1973–1985, volume II; U.S. Department of Commerce. *Statistical Abstract of the United States*, 1988; et *Australian Bureau of Statistics. Yearbook*, diverses années

nd – Non disponible
* Moyenne des pourcentages annuels de variation basée sur les valeurs réelles des monnaies nationales
a 1981–1985
b 1984
c Ces estimations sont basées sur des données de valeur ajoutée. 1984 pour l'Australie et 1983 pour le Royaume–Uni.
d Seul le charbon est utilisé pour la catégorie mines – il représente au moins 85 % du total mines
e Valeur ajoutée, 1980–1985
f Valeur ajoutée, 1980–1984
g 1980–1983
h 1982–1985
i 1983
j Dépenses d'exploration en pourcentage du PIB
k 1980–1984
l La valeur ajoutée est utilisée comme valeur approchée du PIB par secteur pour chaque pays sauf le Canada.

Les États-Unis ont eu historiquement une production de minéraux semblable à celle du Canada et de l'Australie : les éventails de produits sont voisins, mais les volumes de production sont plus élevés. L'industrie des minéraux primaires joue un rôle relativement moins important dans l'économie américaine qui est plus importante. L'industrie des métaux de première transformation contribue autant que l'industrie minière au PIB aux États-Unis et au Royaume-Uni, tandis qu'au Canada et en Australie, elle est beaucoup plus petite, et dans les autres pays de l'OCDE, elle est beaucoup plus grande. Les États-Unis diffèrent des autres pays de l'étude en ce sens qu'ils ne dépendent pas particulièrement des exportations quel que soit le stade de son secteur des minéraux, qu'il s'agisse de minéraux bruts ou de produits métalliques manufacturés. L'industrie minière américaine est caractérisée par une production à la baisse (valeur et volume) pour la plupart des produits pendant la première moitié des années 1980. Il y a eu une légère reprise depuis 1985, mais les perspectives de renouvellement à long terme pour de nombreux produits ne sont pas encourageantes, à cause de l'épuisement des ressources, des règlements de protection de l'environnement et d'autres pressions liées aux coûts. Le Canada subit en partie les mêmes pressions, ce qui a contribué au ralentissement du secteur canadien des minéraux pendant la première moitié de la décennie.

En Suède, la contribution de l'industrie minière au PIB est négligeable, bien inférieure à celle du Canada et de l'Australie (tableau 4.1). La Suède en est aux premières étapes du déclin dans ses mines de métaux et ne possède pas de charbon. La contribution de l'industrie minière au PIB a en fait augmenté quelque peu au début des années 1980 en Suède, grâce à la croissance des secteurs des métaux non ferreux et des minéraux non métalliques, tandis que la production de minerai de fer a chuté, et une rationalisation importante a été opérée dans l'industrie des mines de fer. Même s'il existe encore peu de statistiques sur le déclin de l'importance économique du secteur minier, les effets de l'épuisement et la montée des coûts se feront sentir au cours de la prochaine décennie. L'industrie des mines de métaux devrait disparaître au début du siècle prochain, à moins de nouvelles découvertes importantes. La Suède dépend des importations de minéraux métalliques et énergétiques pour soutenir ses très grandes industries des métaux de première transformation et des métaux finis.

Les quatre autres pays étudiés, la Finlande, la France, l'Allemagne de l'Ouest et le Royaume-Uni, peuvent tous être classés comme étant bien avancés dans la phase du déclin quant à leur production de minéraux primaires, même s'il y a des exceptions pour certains produits dans certains de ces pays. Par exemple, au Royaume-Uni, les divers secteurs des minéraux se retrouvent dans des étapes assez différentes : les mines de métaux ont presque disparu au siècle dernier et devraient bientôt disparaître complètement; les mines de charbon continuent d'être importantes davantage à cause de facteurs politiques liés à l'emploi et à la sécurité d'approvisionnement qu'à la réalité économique. Cette situation changera avec la privatisation et la rationalisation continue du secteur du charbon et accentuera le déclin de la production britannique. Le secteur des minéraux industriels demeure important, même si ces trois secteurs contribuent ensemble relativement peu au PIB britannique. Parmi les ressources minérales, le secteur du pétrole et du gaz est assez important, mais il entrera bientôt dans la phase du déclin. Les industries des métaux de première transformation et des produits minéraux non métalliques sont en perte de vitesse au Royaume-Uni; le volume de la production semble en général à la baisse, et l'emploi a chuté considérablement.

Les industries des minéraux de la Finlande, de la France et de l'Allemagne de l'Ouest se trouvent dans des stades semblables de leur évolution. Dans chacun de ces pays, comme en Suède, les mines contribuent peu à l'activité économique générale, tandis que l'industrie des métaux primaires joue un rôle beaucoup plus important. Dans ces trois pays, l'industrie des mines de métaux, après des siècles d'activité, approche de la fin parce que les ressources s'épuisent. Une industrie du charbon non rentable continue d'exister en France, et particulièrement en Allemagne de l'Ouest où, comme au Royaume-Uni, le maintien de l'industrie par des subventions est une forme de soutien économique régional. Dans chacun de ces trois pays, le secteur des minéraux industriels demeure relativement

important, avec un effort d'exploration et une production accrus. Les trois pays ont tous réduit l'ensemble de leurs programmes nationaux d'exploration des minéraux et se sont tournés vers l'exploration des minéraux à l'étranger pour s'assurer un accès à des matières premières tant minérales qu'énergétiques. Les efforts d'exploration à l'étranger de la Finlande et de l'Allemagne de l'Ouest ont été réduits récemment.

En résumé, l'industrie des minéraux en Europe est en déclin : les efforts d'exploration diminuent; l'industrie des mines de métaux approche du stade du démantèlement complet; l'industrie du charbon demeure plus importante politiquement et régionalement que ne le justifie son rendement potentiel; le secteur des métaux de première transformation qui dépend de l'importation de matières premières (de façon moins marquée en Finlande et en Suède qu'au Royaume-Uni, en France et en Allemagne), est aux prises avec des coûts liés à l'environnement et fait face à des changements dans la structure de l'offre et de la demande; et seul le secteur des minéraux industriels présente des possibilités d'activité continue ou accrue. Ce secteur est important dans l'activité économique intérieure, mais joue rarement un rôle important dans les exportations.

Les États-Unis font face à une situation qui est quelque peu semblable à celle de l'Europe, et le secteur des minéraux dans ce pays a une importance presque aussi grande dans l'économie en général, sauf pour les exportations et les importations qui jouent un rôle relativement mineur dans l'économie américaine. Par contre, le secteur des minéraux au Canada et en Australie demeure assez important. Au milieu des années 1980, les secteurs des mines et des produits de métaux de première transformation représentaient plus de 4 % du PIB dans ces deux pays.

Dans chacun des pays européens continentaux, l'industrie minière a contribué, au milieu des années 1980, à environ 0,5 % du PIB, soit environ le tiers de la contribution du secteur des métaux de première transformation (tableau 4.1 et figure 4.1). Aux États-Unis et au Royaume-Uni, les deux secteurs ont contribué à peu près également au PIB. Au Canada et en Australie, l'industrie des métaux de première transformation n'a été que de la moitié environ de la contribution de l'industrie minière au PIB au milieu des années 1980. Néanmoins, le secteur des métaux de première transformation a été, en général, plus important au Canada et en Australie que dans les autres pays. À noter que l'importance relative du secteur des minéraux dans divers pays en termes de contribution au PIB ne renseigne aucunement sur l'importance relative des industries nationales des minéraux dans l'industrie mondiale des minéraux. Par exemple, les secteurs des minéraux en Suède et en Finlande contribuent à peu près autant au PIB national que le même secteur aux États-Unis. Cependant, la valeur du PIB du secteur des minéraux aux États-Unis équivaut à peu près à la valeur combinée des secteurs des minéraux des sept autres nations étudiées ici (figure 4.2).

L'importance du secteur des minéraux est à la mesure de sa contribution à l'emploi (tableau 4.2 et figure 4.3). Le secteur des métaux de première transformation crée beaucoup plus d'emploi que l'industrie minière dans les pays européens, à l'exception du Royaume-Uni, où leurs contributions à l'emploi total sont égales. Aussi étonnant soit-il, le secteur des métaux de première transformation crée beaucoup plus d'emplois que l'industrie minière aux États-Unis, et les deux secteurs sont comparables en Australie. Ces relations présentent des différences beaucoup plus marquées que les contributions relatives des secteurs au PIB et pourraient dénoter une inefficacité relative dans la production de métaux de première transformation dans ces deux pays. Au Canada, la différence entre les deux secteurs en termes de contribution au PIB et de contribution à l'emploi est considérable, surtout si on compare avec les autres pays.

Pour la plupart des pays, y compris le Canada, l'emploi tant dans l'industrie des métaux de première transformation que dans l'industrie minière a diminué au cours de la première moitié des années 1980. Font exception les industries minières d'Australie et de Finlande où des augmentations de

l'emploi au début de la décennie ont été suivies de réductions dans les années qui ont suivi. Au Canada, l'emploi dans l'industrie minière se serait stabilisé depuis 1985. Le déclin au Canada est le résultat de la récession économique et des bas prix des minéraux, ainsi que de la restructuration et de la rationalisation subséquentes. Ces facteurs ont aussi joué un rôle dans les pays européens et aux États-Unis, mais un élément important dans ces pays a aussi été le ralentissement de l'industrie avec l'épuisement des ressources économiques.

DÉPENDANCE À L'ENDROIT DES IMPORTATIONS ET DES EXPORTATIONS

Le commerce extérieur joue un rôle très important dans la vie économique de tous les pays étudiés, sauf aux États-Unis et, dans une moindre mesure, en Australie. Les minéraux bruts et les métaux de première transformation constituent autant les uns que les autres une part importante des exportations totales de produits canadiens. Comme la production intérieure dépasse de beaucoup la demande intérieure, il faudra que le Canada continue d'avoir accès à des marchés d'exportation pour ses minéraux. Les pays qui constituent les marchés traditionnels du Canada achètent des minerais et des concentrés canadiens comme matière première pour leurs exploitations métallurgiques, parfois pour remplacer leurs ressources épuisées. Ces pays n'offrent pas beaucoup de possibilités de débouchés pour les métaux affinés, au moins jusqu'à ce que leurs installations actuelles de traitement ferment ou doivent être remplacées. Certains nouveaux marchés, par exemple ceux en bordure du Pacifique, sautent directement à l'étape de la transformation, utilisant les techniques les plus perfectionnées. Il semble que le Canada continuera d'exporter la plus grande partie de sa production de minéraux sous forme non transformée, particulièrement dans le cas des métaux de première transformation, du moins dans le moyen terme. L'accès continu des produits minéraux canadiens aux marchés mondiaux dépendra en grande partie de la concurrence dans les prix et donc de l'avance technologique en matière de production de minerais et de concentrés.

Seule l'Australie dépend autant que le Canada des marchés d'exportation pour ses produits minéraux et, comme le Canada, produit une vaste gamme de minéraux énergétiques, métalliques et non métalliques ainsi que de produits de métaux de première transformation, en quantités supérieures à la demande intérieure. Ce pays dépend très fortement des exportations pour l'écoulement de sa production de charbon, d'or, de diamants, d'alumine et de minerai de fer. Environ le quart de ses exportations totales sont des minéraux bruts, tandis que 15 % sont des métaux de première transformation, des proportions beaucoup plus élevées que dans tout autre pays étudié.

Dans chacun des pays, sauf au Royaume-Uni et aux États-Unis, les exportations de métaux de première transformation représentent environ 2 % du PIB (figure 4.4). L'importance des exportations de minéraux bruts est beaucoup plus variable selon les pays, allant d'une contribution assez importante en Australie et un peu moindre au Canada, à une contribution négligeable en Finlande, en France et aux États-Unis.

Les pays européens ainsi que les États-Unis dépendent des importations pour ce qui est des minerais et des concentrés de métaux. La Suède fait exception dans une certaine mesure, car elle dépend de ses exportations pour ce qui est de sa production de minerai de fer et de concentrés de plomb et de zinc. Dans certains des pays européens, les importations de minerais et de concentrés dépassent de beaucoup la demande nationale. Les importations sont dirigées dans des installations de transformation qui alimentent les industries de la finition des métaux et de la machinerie dont la plupart des produits sont destinés à l'exportation. Cela est le cas notamment en Finlande, en Suède et en Allemagne de l'Ouest. Cela vaut également pour les États-Unis dans une certaine mesure, sauf que dans ce dernier pays, la plupart des produits finis à valeur ajoutée élevée sont destinés au marché intérieur plutôt qu'aux marchés d'exportation. Le Canada et l'Australie exportent relativement peu de produits métalliques finis.

La dépendance à l'endroit des importations de minéraux industriels est variable. En général, les minéraux industriels sont beaucoup plus importants sur les marchés intérieurs que dans le commerce extérieur. Ni l'Allemagne de l'Ouest, ni les États–Unis ne dépendent des importations pour leurs approvisionnements en charbon; ni l'un ni l'autre pays ne dépend non plus des exportations, car la plus grande partie de leur production est écoulée sur les marchés intérieurs. Le Royaume–Uni dépend légèrement des importations de charbon.

CONCLUSION

Des tendances quant à l'impact économique des secteurs des mines et des métaux de première transformation dans les pays étudiés se dessinent clairement. Le Canada et l'Australie ont adopté dans les années 1980, des mesures de rajustement qui ont permis à leurs industries de soutenir la concurrence et d'augmenter leurs réserves d'un grand nombre de produits minéraux à moyen et long termes. Ces deux pays continueront d'exporter une proportion importante de leurs minerais et concentrés métalliques et d'autres minéraux bruts.

Les six autres pays étudiés se situent dans divers stades de leur déclin en ce qui a trait à la production de minéraux métalliques; leurs industries des mines de métaux auront pour la plupart disparu au début du siècle prochain. La Suède et la Finlande ne possèdent aucune ressource de combustible fossile, tandis que la production de charbon des autres pays européens étudiés est coûteuse et subventionnée. Tous ces pays dépendent des importations de concentrés et de minerais métalliques.

Tableau 4.2 Impact du secteur des minéraux sur le commerce et l'emploi, 1985 ou 1980–1985, en pourcentage de variation (milliards de dollars US de 1985 ou pourcentage)

	Canada	Australie	Finlande	France	Allemagne de l'Ouest	Suède	Royaume-Uni	États-Unis
Exportations								
Total								
% du PIB	26.9	14.5	29.8	23.6	29.2	30.1	22.4	5.1
Valeur des minéraux								
Mines	5.5	5.4	.1 [a]	.6	1.9	.6	2.0 [a]	7.2
Métaux de première transformation	6.1	3.2	1.0 [a]	8.0	14.2	2.3	5.2 [a]	4.4
Total	11.6	8.5	1.0 [a]	8.6	16.1	2.9	7.2 [a]	11.6
% du total								
Mines	6.5	24.9	.3 [a]	.5	1.1	2.0	2.1 [a]	3.5
Métaux de première transformation	7.2	14.8	5.9 [a]	6.7	7.8	7.7	5.4 [a]	2.1
Total	13.7	39.7	6.3 [a]	7.1	8.8	9.7	7.5 [a]	5.6
% de variation								
Mines	−1.6	7.4	−.7 [b]	3.3	nd	6.8	−5.5 [d]	−9.1
Métaux de première transformation	−4.6	−.7	5.2 [b]	.2	2.4	2.7	−2.0 [d]	−7.7 [c]
Total	−3.3	3.8	4.8 [b]	.4	nd	3.3	−3.1 [d]	−7.5 [c]
Produits métalliques finis								
Valeur	nd	.1	nd	2.8	7.6	1.6	2.2 [a]	3.6
% du total	nd	.5	nd	2.3	4.2	5.1	2.3 [a]	1.8
% de variation	nd	−6.8	nd	1.1	3.2	4.8	0.2 [b]	−17.8 [c]
% du PIB des métaux finis [f]	nd	5.3	nd	47.5	53.8	82.2	30.2 [a]	5.9
Dépendance à l'endroit des importations								
Minerais et concentrés métalliques	non	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Charbon	non	non	oui	oui	non	oui	oui	non

Tableau 4.2 (suite)

	Canada	Australie	Finlande	France	Allemagne de l'Ouest	Suède	Royaume-Uni	États-Unis
Emploi								
% de l'emploi total								
Mines	.7	1.1 [a]	.3	.5 [a]	.9	.3	1.0 [a]	.3
Métaux de première transformation	.3	1.2 [a]	.8	1.3 [a]	1.6	1.2	1.0 [a]	.8
Total	.9	2.4 [a]	1.1	1.8 [a]	2.5	1.5	2.0 [a]	1.1
% de variation								
Mines	-4.5	1.5 [d]	.3	-4.6	-2.4	-4.0	-6.9 [d]	-5.7
Métaux de première transformation	-4.1	-4.7 [d]	-1.2	-4.4	-8.1	-5.2	-12.7 [d]	-6.4
Total	-4.6	-1.9 [d]	-.9	-4.6	-6.4	-4.9	-10.2 [d]	-6.3

Sources : Étude de base sur chaque pays : OCDE, *Industrial Structure Statistics*, diverses années; OCDE, *National Accounts, 1973–1985, volume II*; U.S. Department of Commerce, *Statistical Abstract of the United States*, 1988; et *Australian Bureau of Statistics, Yearbook*, diverses années

nd – Non disponible

* Moyenne des pourcentages annuels de variation basée sur la valeur réelle des monnaies nationales

[a] 1984
[b] 1981–1984
[c] 1982–1985
[d] 1980–1984
[e] Les importations de charbon du Royaume-Uni représentent environ 12 % de la production nationale de charbon.
[f] La valeur ajoutée est utilisée comme valeur approchée du PIB des secteurs. Ces données sont basées sur des classifications normalisées de l'OCDE pour lesquelles les données sur les exportations canadiennes n'étaient pas disponibles.

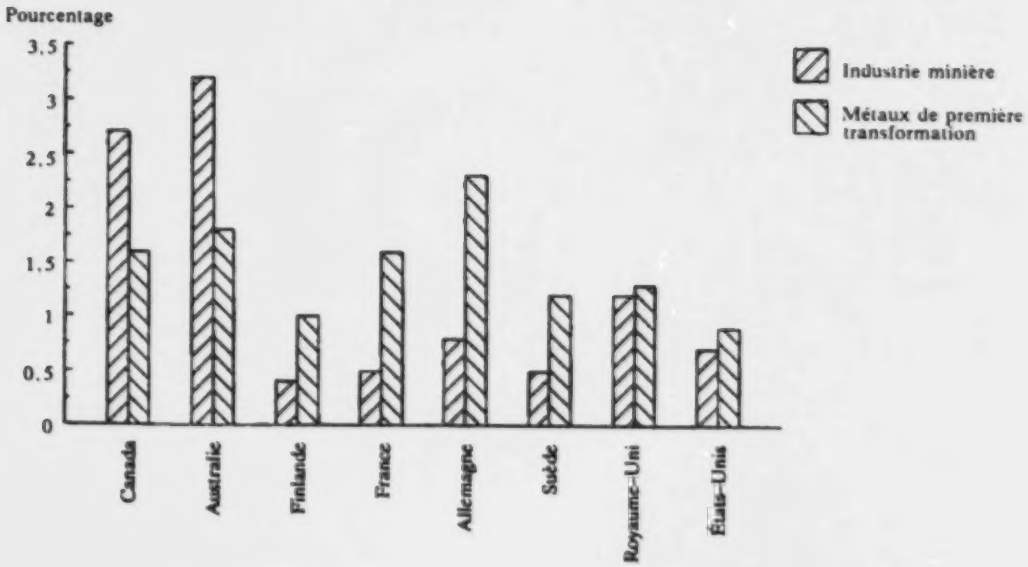


Figure 4.1 PIB de l'industrie des minéraux en pourcentage du PIB total, 1985

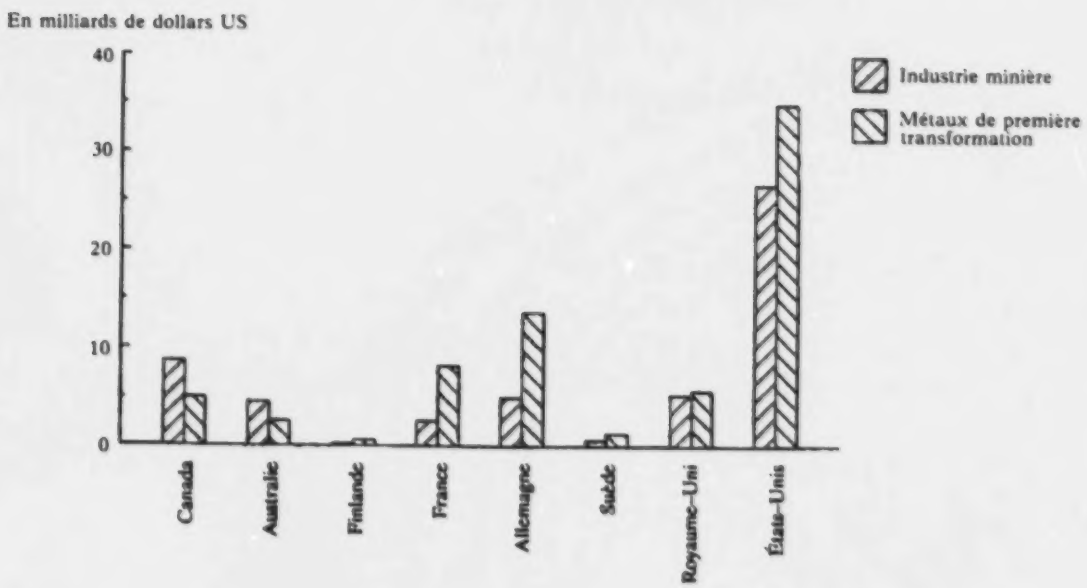


Figure 4.2 Valeur du PIB de l'industrie des minéraux, 1985

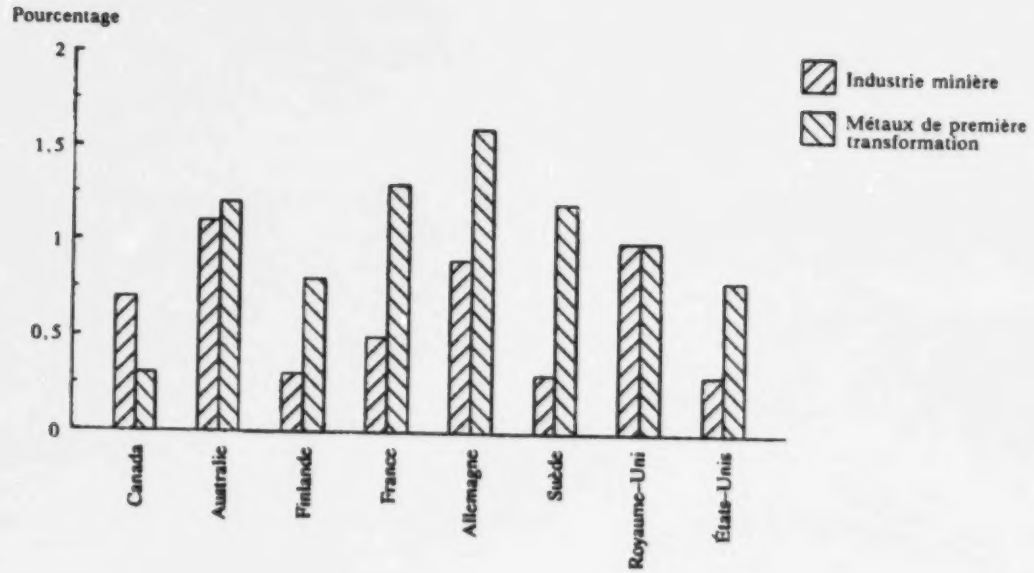


Figure 4.3 Emploi dans l'industrie des minéraux en pourcentage de l'emploi total, 1985

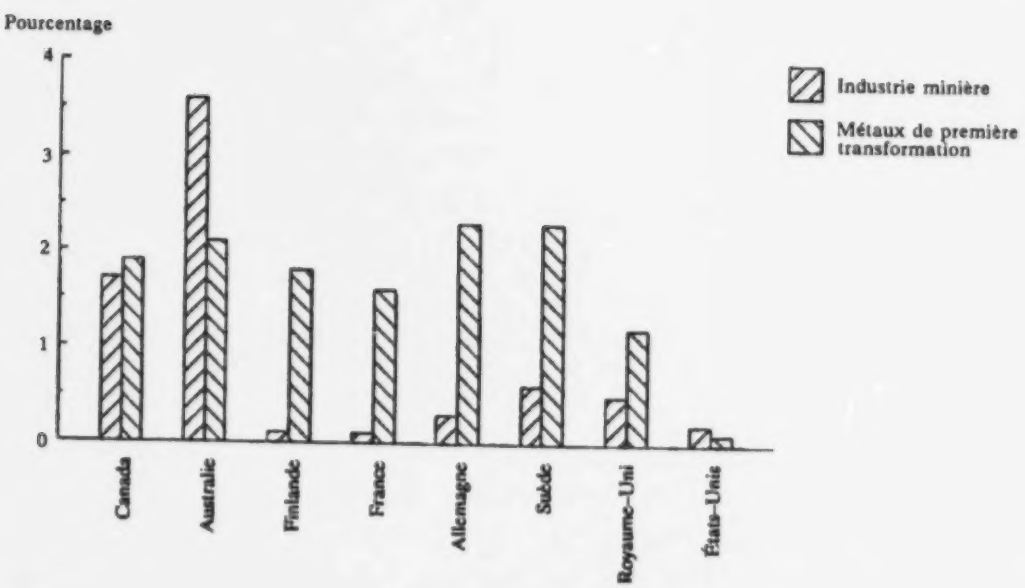


Figure 4.4 Importance des exportations dans le secteur des minéraux, 1985
(Exportations dans le secteur des minéraux en pourcentage du PIB total)

CHAPITRE 5. COMPARAISONS INTERNATIONALES : LES POLITIQUES ET LES ATTITUDES

Le présent chapitre décrit brièvement l'effort global de R-D qui a été effectué au Canada et dans les sept autres pays de l'OCDE considérés, dans le contexte des politiques et des attitudes qui influent sur les niveaux et les tendances de la R-D (points 3 et 4 du cadre de travail décrit au chapitre 3). La première partie portera sur l'impact des politiques et des attitudes sur la R-D au Canada; la deuxième partie portera sur les autres pays. L'impact des facteurs économiques, sociaux et politiques ainsi que les facteurs "culturels" sera examiné en termes d'effet sur l'effort et l'efficacité de la R-D.

R-D AU CANADA

En termes de l'environnement socio-politique dans lequel évolue l'industrie des minéraux au Canada et de l'efficacité des efforts de R-D de l'industrie à réduire ses coûts, l'élément qui ressort est la gamme très variée de politiques sociales et économiques qui imposent des coûts ou offrent des encouragements. Pour l'industrie des minéraux, ces politiques offrent des incitatifs et des subventions axés sur le développement économique régional et sur diverses formes de coûts liés à la réglementation. Dans la mesure où les coûts imposés dépassent les avantages économiques directs des incitatifs, ces politiques accentueront les périodes creuses des cycles économiques pendant la phase de maturité et précipiteront le déclin. Les coûts et les avantages pour l'industrie sont difficiles à mesurer, et ils sont encore plus difficiles à mesurer en termes de bien-être social.

L'impact de la R-D pour le secteur des minéraux est des plus manifestes dans le domaine de la protection de l'environnement, motif qui a été à l'origine de 25 à 30 % des dépenses de R-D sur les minéraux au Canada au cours des dernières années, tant dans l'industrie qu'au gouvernement fédéral. Les politiques de dévelppement régional et les politiques liées à la sûreté des approvisionnements en énergie ont aussi été des facteurs importants qui ont poussé le gouvernement fédéral à effectuer des dépenses de R-D.

Les politiques de R-D sont en soi particulièrement importantes. Dans ce domaine, deux tendances récentes suscitent de l'inquiétude quant aux capacités du Canada en matière de R-D et d'innovation à long terme. Traditionnellement, dans le partage des responsabilités en matière de financement et d'exécution de la R-D, les gouvernements ont été les grands commanditaires de la R-D fondamentale, et les universités, les grands exécuteurs. Les entreprises commerciales ont volé la vedette en matière de R-D appliquée. Au Canada, comme dans la plupart des autres nations industrialisées, cette tendance a beaucoup évolué au cours des dernières années. Les politiques de développement régional et industriel, ainsi que les inquiétudes en matière d'environnement, et de santé et de sécurité, ont engagé les gouvernements plus à fond dans les industries primaires et secondaires. L'aide à la recherche fondamentale a été réduite au profit de la recherche "stratégique", de la recherche appliquée à long terme, voire même de la R-D appliquée à court terme. Le dernier plan quinquennal du CRSNG met l'accent sur l'aide à la recherche appliquée et à l'innovation technologique dans les universités. Le Conseil national de recherches s'est également tourné en matière de recherche vers la technologie et la résolution de problèmes au détriment de "l'avancement des connaissances".

Le résultat est qu'il n'existe maintenant au Canada aucun organisme chargé exclusivement, voire principalement, de financer la R-D fondamentale. Les universités effectuent de plus en plus de la R-D appliquée et parrainée plutôt que de la R-D fondamentale. Peu d'efforts ont été faits pour établir un lien entre la R-D universitaire et les besoins de l'industrie, et les transferts de technologie

ont connu peu de succès. Cependant, de récentes initiatives des gouvernements fédéral et provinciaux, telles que le Programme des réseaux de centres d'excellence et les chaires de recherche dans les universités, visent en partie à améliorer les liens entre l'industrie, les universités et les gouvernements dans des projets de recherche conjoints et à améliorer la communication entre les chercheurs dans tout le pays. Ces initiatives pourraient aider à améliorer les transferts de technologie. Elles ne résoudront pas le dilemme selon lequel le déclin de la recherche fondamentale réduit les possibilités de découvertes scientifiques majeures.

Une autre tendance discutable dans les politiques canadiennes de R-D a été de s'éloigner des secteurs des ressources primaires au profit des techniques de pointe et de la notion de valeur ajoutée accrue dans la production industrielle. Même si ces secteurs sont d'une importance économique primordiale pour créer de l'emploi et développer la prospérité, on n'a pas encore bien identifié des cibles particulières dans des domaines aussi vastes que la microbiologie, la technologie de l'information et la technologie des matériaux pour diriger la R-D dans des secteurs où le Canada possède déjà un avantage relatif. Par exemple, le développement des avantages qui pourraient être tirés des ressources naturelles du pays, y compris les produits minéraux, pourrait être un domaine de recherche majeur. Cette tendance vers la haute technologie mène à un délaissement de la R-D en matière de production et de transformation des ressources primaires, domaine dans lequel nous avons acquis un avantage comparatif et une base de compétences technologiques, au profit de nouveaux domaines où nous sommes en concurrence avec un grand nombre d'autres pays qui ont beaucoup mieux réussi que le Canada en matière d'innovation dans les secteurs à valeur ajoutée élevée.

Une des raisons du piètre dossier du Canada dans la commercialisation de l'innovation pourrait être que le Canada s'est mal positionné sur l'échelle mesurant les attitudes à l'égard de la science et de la technologie. Même si ce phénomène est difficile à documenter, ses conséquences sont graves, comme on peut le voir en examinant ses effets ailleurs : par exemple, le cas du fer et de l'acier et celui du charbon en Angleterre. Au XIXe siècle, pendant que la plus grande partie de l'Europe continentale avait adopté de vastes programmes de recherche et de formation techniques dans de nombreux domaines du génie et de la technologie, y compris la sidérurgie et le génie minier, l'Angleterre continuait à mettre l'accent sur l'enseignement classique. Son industrie de l'acier était déjà menacée, caractérisée comme étant emprisonnée dans des systèmes de production fragmentés et isolés où "la science n'était non seulement négligée ... elle était méprisée. Y régnait plutôt l'autorité désarçonnante de la pratique coutumière et de la sagesse traditionnelle", selon Correlli Barnett[1]. "L'homme pratique" de Barnett n'a pas non plus limité ses attaques à l'industrie de l'acier. L'industrie du charbon était aussi mal en point, et à la fin de la Deuxième Guerre mondiale, les industries du charbon et de l'acier étaient en mauvais état au Royaume-Uni (encore pire, par exemple, qu'en Allemagne), tout comme la plus grande partie de l'industrie manufacturière britannique.

Comme le Royaume-Uni, le Canada partage un grand nombre des symptômes qui caractérisent le syndrome des "deux cultures" décrit au chapitre 2. Très peu de ses scientifiques et de ses ingénieurs occupent des postes dans la gestion et les opérations ou interviennent dans l'élaboration des politiques du gouvernement. Le Canada possède sa part d'"hommes pratiques" qui préfèrent la tradition à l'innovation. Les contraintes résultantes en matière d'innovation, aussi pressant qu'en soit le besoin ou aussi bonne que soit la R-D, peuvent affaiblir la position de concurrence du Canada et précipiter le déclin du secteur des minéraux.

---

[1] C. Barnett, *The Audit of War*, Papermac, London, 1986, p. 97.

R–D DANS D'AUTRES PAYS

Australie

Les politiques australiennes en matière de science sont relativement nouvelles, et les nombreux changements dans les programmes et dans l'organisation du gouvernement ont empêché le développement d'une politique centrale de R–D, qui soit vigoureuse, coordonnée et focalisée. Néanmoins, le gouvernement finance et effectue une quantité importante de R–D. Une étude de l'OCDE a conclu que le niveau d'activité scientifique en Australie se compare favorablement à ceux des grands pays industrialisés. L'Australie affiche toutefois un piètre dossier en matière d'innovation, et la contribution de l'industrie à la R–D est relativement faible. Comme le Canada et tous les pays dont il est question dans l'étude, l'industrie australienne des minéraux porte un lourd fardeau de coûts socio–économiques découlant des politiques et des programmes du gouvernement en matière de protection de l'environnement, de santé et de sécurité, d'utilisation des terres et de développement régional.

La perception des sciences et des affaires comme "deux cultures", et le manque concommitant de communication, voire la méfiance, qui divise les deux milieux, ne semblent pas aussi manifestes en Australie que dans certaines autres régions du monde anglophone. Par exemple, il semble y avoir en Australie une attitude positive à l'égard des efforts conjoints dans l'industrie, ainsi qu'entre l'industrie, le gouvernement et d'autres organismes, et moins de préoccupations qu'au Canada pour le caractère secret et la protection des droits de propriété découlant des résultats des projets conjoints de R–D, notamment la R–D sur les métaux. Comme il a été mentionné, l'aide de l'industrie à la R–D est toutefois faible.

Le gouvernement australien a suivi la même voie que le Canada en s'écartant des secteurs des ressources naturelles, y compris le secteur des minéraux, dans son aide à la R–D. En matière de R–D, l'Australie a mis l'accent sur des "zones de croissance désignées"; dans la plupart des cas, la R–D porte sur des techniques de fabrication de pointe. Cela semble impliquer que l'accent sera mis sur la réduction de l'aide au génie minier et à l'exploration au profit d'activités à valeur ajoutée élevée, y compris la métallurgie physique et les nouveaux matériaux.

Finlande

En Finlande, le gouvernement est très directif en matière de R–D et en constitue le foyer de planification. La R–D a été une préoccupation majeure depuis la Deuxième Guerre mondiale; le Premier Ministre préside un conseil de la politique scientifique de niveau ministériel et dirige lui–même la politique scientifique. Le rôle de chef de file du gouvernement en matière de R–D dénote sa confiance dans l'efficacité d'une coordination de l'activité industrielle et dans l'efficacité d'une R–D axée sur le soutien des objectifs nationaux.

À la fin des années 1970, les programmes de soutien du gouvernement mettaient l'accent sur la science et la technologie appliquées plutôt que sur la science fondamentale. Dans les universités, presque toute la recherche subventionnée est parrainée et axée sur la technologie plutôt que sur "l'avancement des sciences". L'accent mis sur la R–D industrielle et sur la R–D en technologie est essentiellement une vision politique à court et moyen termes. Il est difficile de deviner quelles seront les conséquences d'un manque relatif de recherche fondamentale, laquelle relève davantage du long terme et pourrait ne pas porter fruit dans un avenir rapproché. Dans une certaine mesure, la Finlande a adopté le point de vue selon lequel elle n'a pas les moyens de subventionner un important effort de R–D fondamentale. Même si elle reconnaît le danger d'un manque de R–D fondamentale

pour le développement à long terme, le ministère de l'Industrie a indiqué que son plan consiste à accroître l'effort de R-D fondamentale de 15 % par année, sans pour autant diminuer l'aide aux autres programmes de R-D[1].

Le pays continue d'être très innovateur en matière de technologie dans une vaste gamme de secteurs industriels, y compris les aciers spéciaux, la machinerie et l'électronique. L'excellence en matière de transfert de la technologie doit être attribuée en partie au niveau élevé d'intégration des activités des organismes de recherche du gouvernement, des universités et de l'industrie.

France

Les politiques de la France en matière de R-D, comme celles de la Finlande, sont hautement centralisées et organisées. Elles ont aussi été caractérisées comme étant axées sur des projets et très compartimentées à l'intérieur de disciplines scientifiques et à l'intérieur de secteurs. La tendance à la "R-D par projets" suppose un délaissement relatif de la recherche fondamentale, laquelle est en perspective moins axée sur des objectifs. La compartimentation des organismes de recherche et des chercheurs du gouvernement, de l'industrie et des universités ne favorise pas la communication scientifique et le transfert de la technologie entre les secteurs (sans mentionner la cueillette de statistiques de R-D). À noter qu'en France ce manque de communication n'est pas symptomatique de l'attitude des deux cultures; la séparation se situe au sein même du milieu scientifique et de la recherche plutôt qu'entre le milieu scientifique d'une part et le milieu des affaires et le gouvernement d'autre part.

La politique française en matière de R-D est intimement intégrée aux grandes politiques industrielles et économiques du gouvernement. En 1981, la science et technologie est devenue un thème électoral et, en 1982, le ministère de l'Industrie et de la Recherche a été créé pour promouvoir le changement technologique et encourager une "culture technique". Une loi a été introduite pour fixer le taux de croissance des dépenses budgétaires de R-D à près de 18 % par année. De nouveaux objectifs et de nouvelles orientations de la recherche ont été identifiés, notamment de grands programmes coordonnés en recherche électronucléaire, en aéronautique et en science de l'espace, et la commercialisation de nouveautés dans divers domaines, y compris les industries des matières premières. Un aspect important du programme national a été son orientation vers l'amélioration de la communication entre les organismes et les chercheurs des secteurs public et privé.

L'industrie française des minéraux a été l'objet de trois grandes interventions politiques touchant la structure de l'industrie et l'aide à la R-D. Premièrement, le gouvernement a combiné rationalisation, nationalisation et réorganisation dans un effort pour contrer les effets de l'épuisement, de la montée des coûts et de la dépendance à l'endroit des importations. Deuxièmement, il a encouragé la recherche de minéraux en mer (en territoires français et étrangers) par des sociétés françaises, dans le but d'assurer un approvisionnement continu de minéraux bruts. Une troisième mesure, liée à la deuxième, a consisté à mettre l'accent sur le maintien d'un niveau élevé de compétences dans tous les aspects de la production et du traitement des minéraux. Cela s'est traduit par le maintien d'entreprises non rentables, permettant aux professionnels français d'"avoir leur mot à dire" dans toutes les facettes de la production de minéraux.

Les politiques de la France en matière de protection de l'environnement ont ajouté au fardeau financier déjà lourd de son industrie des métaux de première transformation, contribuant à entacher d'incertitude l'avenir du secteur.

---

[1] B. Blomqvist, Bureau de la technologie, ministère de l'Industrie, entrevue, 10 juin 1987.

Allemagne de l'Ouest

Contrairement à la plupart des pays étudiés, et certainement à la différence du Canada, l'Allemagne de l'Ouest est avant tout caractérisée par une R-D qui s'effectue dans un climat d'interaction généralisé entre tous les secteurs de la recherche. Il existe une longue tradition d'aide aux scientifiques et au développement scientifique tant de la part de la société que de la part du gouvernement. Cette attitude a été nourrie par la mentalité "uniculturelle" selon laquelle le scientifique, l'homme d'affaires et l'administrateur sont perçus comme mutuellement dépendants et comme s'entraidant. Les carrières embrassant les trois secteurs sont la règle plutôt que l'exception chez les scientifiques principaux.

Une deuxième différence est l'important accent mis sur la R-D fondamentale. Parmi les pays étudiés, seule l'Allemagne et la Suède prévoient d'importants crédits de R-D dans le budget des universités. Cette aide est, par définition, non parrainée et peut être appliquée à la R-D fondamentale, à la discrétion des directeurs de recherche des universités.

Une troisième différence est la multitude d'établissements coopératifs de recherche. La R-D est effectuée par une vaste gamme de chercheurs au moyen de fonds provenant d'une vaste gamme de sources. Les établissements coopératifs aident à maintenir un niveau élevé de communication entre le gouvernement, l'industrie et les universités. Un rôle particulièrement important est joué par les organismes de recherche mixtes gouvernement-secteur privé.

La sûreté des approvisionnements en matières premières et en énergie a été une préoccupation constante dans les politiques gouvernementales touchant le secteur des minéraux, y compris les politiques en matière de science et technologie. Durant les années 1980, la R-D a été orientée dans une certaine mesure vers la science et la technologie appliquées, sans pour autant que soit négligée la R-D fondamentale. On a aussi remis l'accent sur le transfert de technologie et les échanges entre l'industrie et les chercheurs. Le transfert de technologie a donné de bons résultats grâce à la grande mobilité du personnel scientifique entre les divers secteurs de recherche, à la prolifération des programmes conçus pour encourager la recherche industrielle et à la mentalité "uniculturelle" selon laquelle les ingénieurs et les scientifiques inspirent un grand respect et jouent des rôles importants dans l'élaboration et l'application des politiques dans l'industrie et le secteur public.

Suède

L'organisation de la R-D en Suède peut être caractérisée comme étant décentralisée, sectorisée et pluraliste. Par exemple, le contrôle de la R-D n'est centralisé dans aucun ministère. Pendant qu'en France une telle centralisation semble avoir entraîné la compartimentation et un manque de communication entre les secteurs de la R-D, un processus de décision intégrée, mais pluraliste, a émergé en Suède. Une grande variété de groupes ont leur mot à dire dans l'orientation de la politique et du financement de la R-D. Le gouvernement joue un rôle de chef de file en identifiant les cibles de la recherche et du développement.

L'esprit de coopération et de consensus qui caractérise la R-D se manifeste dans l'importance du rôle que jouent les universités et l'industrie dans l'effort national de R-D; les deux intervenants jouent un rôle beaucoup plus important que dans la plupart des autres pays. Comme il a été mentionné, les budgets d'exploitation des universités suédoises comportent d'importants crédits de R-D qui sont disponibles pour la recherche fondamentale.

Les années 1980 ont été caractérisées par un effort législatif visant à coordonner la R-D et à diriger l'attention sur la recherche tant fondamentale qu'appliquée dans divers secteurs désignés. L'aide

gouvernementale en matière de R–D pour l'industrie et les organismes de R–D coopératifs a été orientée sur l'innovation technologique. Même si certains secteurs industriels particuliers ont été désignés comme méritant une aide gouvernementale de R–D, le secteur des minéraux n'a pas été retenu. Néanmoins, certains projets de R–D conjoints intéressants sont en voie de réalisation en sciences de la terre, en technologie minière et en traitement des minéraux.

Le fardeau des politiques socio–économiques, notamment dans le domaine de la protection de l'environnement, est lourd en Suède, et il s'ajoute aux coûts de l'exploitation minière et du traitement des métaux de première transformation.

Royaume–Uni

La R–D au Royaume–Uni semble très fragmentée, aucune politique gouvernementale vigoureuse n'étant en place. Des efforts de coordination de la R–D ont été tentés récemment, du moins dans le secteur public, mais ce n'est qu'en 1982 que le gouvernement a décidé d'introduire des examens annuels des programmes et des budgets de recherche des ministères. Même si le Royaume–Uni, comme la France, l'Allemagne de l'Ouest et d'autres pays, a mis sur pied des organismes de recherche publics, les universités demeurent le foyer de la recherche fondamentale. Cependant, l'aide aux universités a été réduite en général; les subventions ont diminué en valeur réelle, et un nombre important de chercheurs ont quitté le pays. Il y a eu une tendance générale à la rationalisation des installations d'enseignement et de recherche. Les sciences de la terre ont été retenues comme cible, et un rapport de 1989 de l'University Grants Committee (UGC) recommandait la fermeture de trois écoles des mines en Grande–Bretagne.

L'aide gouvernementale à la R–D appliquée au Royaume–Uni a diminué par rapport aux années précédentes, et l'industrie n'a pas encore comblé l'écart. Certains estiment que les liens entre les universités et le secteur privé ne sont pas encouragés. La plupart des coupures dans le financement et le personnel des universités semblent dirigées vers les écoles et les programmes appliqués, tandis que les universités traditionnelles et les universités bien connues qui sont orientées vers la recherche fondamentale ont été beaucoup moins touchées. En outre, la tradition des grands programmes universitaires dont le but était de soutenir les entreprises d'outre–mer et de former des experts en provenance des anciennes colonies dans le domaine des minéraux semble avoir été abandonnée. Il semble y avoir peu de liens étroits entre les universités et l'industrie, et les établissements de recherche coopératifs sont peu nombreux.

Parmi les fardeaux socio–économiques qui sont durs à porter dans l'industrie des minéraux au Royaume–Uni, celui qui décourage tout particulièrement l'investissement, dans quelle que soit la facette de l'industrie, est le système très complexe de la propriété et de la succession des droits minéraux. Le syndrome des deux cultures dont il a été question précédemment continue également de contribuer aux problèmes de l'industrie britannique en matière de R–D, d'innovation technologique et de concurrence.

États–Unis

Les États–Unis, comme la France et le Royaume–Uni, mettent beaucoup l'accent sur la R–D pour la défense. Pendant les années 1970, la part de la R–D pour la défense à la R–D totale a diminué, mais sous l'administration Reagan, la tendance a été renversée. Aux États–Unis, l'accent est en général mis sur le développement plutôt que sur la R–D fondamentale, voire appliquée; cette attitude pourrait en partie refléter l'intérêt pour la défense.

Le gouvernement des États-Unis perçoit que sa responsabilité première en matière de R-D est de soutenir la recherche à long terme, que l'industrie est moins susceptible d'entreprendre, et la recherche dans des domaines tels que la défense et la réglementation de l'environnement qui intéressent la société dans son ensemble. Le gouvernement estime qu'en ce qui a trait à la R-D industrielle, le rôle du gouvernement est de créer un climat favorable aux initiatives de R-D commerciales, et qu'un environnement de libre-échange et le jugement collectif des agents économiques assureront un effort de R-D approprié.

Le phénomène des deux cultures a été identifié comme un facteur négatif dans l'effort d'innovation aux États-Unis et dans les rapports entre la R-D et la technologie dans ce pays. Par exemple, malgré la dominance des États-Unis en matière de R-D et l'important marché qu'ils représentent pour les biens de haute technologie, on estime que ce problème a contribué à une vaste gamme d'échecs dans le secteur industriel américain, y compris une perte de vitesse par rapport aux compétiteurs en matière de productivité, de qualité des produits et de balance du commerce technologique[1]. Des compétiteurs tels que l'Allemagne et la Finlande, où la science et la technologie sont mieux intégrées dans la société, commercialisent plus rapidement les innovations technologiques et s'adaptent plus rapidement aux pressions changeantes de l'offre et de la demande.

[1] L. Thurow, "A Weakness in Process Technology", *Science*, 18 décembre 1987.

CHAPITRE 6. COMPARAISONS DES EFFORTS NATIONAUX DE R-D

EFFORT TOTAL DE R-D

Jusqu'ici, la comparaison des efforts internationaux de R-D a été en grande partie qualitative, donnant un avant-goût de ce qui influe sur la R-D et de la façon dont les rôles du gouvernement, de l'industrie, des universités et des autres organismes varient d'un pays à l'autre. Ce chapitre présente un bref résumé quantitatif et global des dépenses de R-D. Un certain nombre de mises en garde importantes s'imposent avant la lecture de ce chapitre[1]. Premièrement, toute comparaison internationale finit par être faussée par une incohérence statistique. Comme il a été mentionné dans le premier chapitre, les statistiques de R-D sont incomparables en termes de qualité et de définition, même au niveau global. Un deuxième facteur, combien plus important, est le fondement de la connaissance d'une notion aussi complexe que l'activité de R-D sur quelques statistiques simples et isolées sur l'intensité de la R-D.

Les comparaisons d'indicateurs de R-D visent à déterminer comment se classe le Canada par rapport aux autres pays dans le maintien ou l'augmentation de l'effort de R-D et de son orientation, dans le but ultime de comparer sa compétitivité potentielle, sa croissance économique et son aptitude à s'accaparer de nouveaux marchés. Cependant, les liens entre la R-D et la productivité et la puissance économique sont difficiles à évaluer. Ces statistiques devraient cependant renseigner sur la position qu'occupe le Canada. Elles devraient également fournir d'importants renseignements sur ceux qui financent la R-D et sur ceux qui l'exécutent.

Un troisième facteur important est la comparabilité des mesures d'intensité de la R-D, au-delà de toute question de cohérence de leur définition. Les comparaisons à une échelle globale et nationale ne tiennent pas compte des différences structurales de base entre les pays, telle que la composition sectorielle du PIB et l'importance de la R-D liée à la défense. Différentes structures industrielles et différents degrés de dépendance à l'endroit des importations et des exportations reflètent des besoins très différents en matière de R-D. Par exemple, pour des raisons structurales, un secteur manufacturier relativement petit et orienté vers le marché intérieur, comme au Canada, suppose que les dépenses totales de R-D des entreprises (DRDE) seront relativement plus faibles que dans les pays dont les secteurs de la fabrication et de la haute technologie sont plus importants.[2]

Dernier point à ne pas oublier : les mesures d'intensité des dépenses de R-D ne sont qu'un indicateur de l'effort de R-D. Les statistiques doivent être interprétées dans le contexte de l'environnement socio-politique d'un pays, de ses attitudes et d'autres facteurs qui tempèrent l'efficacité de la R-D et ses liens avec l'innovation et la commercialisation.

Le tableau 6.1 est un résumé de statistiques sur l'effort de R-D de différents pays. Les figures 6.1, 6.2 et 6.3 représentent graphiquement certaines de ces données. Il est évident que le Canada et l'Australie, les deux pays qui dépendent le plus de leurs ressources, dépensent beaucoup moins en R-D que la plupart des pays européens et les États-Unis. Cependant, la France, le Royaume-Uni et les États-Unis font beaucoup de R-D axée sur la défense. Si l'on ne tient compte que des dépenses de R-D non liées à la défense, les indices aggrégés d'intensité de la R-D de ces pays chutent considérablement, même s'ils dépassent toujours de beaucoup le rapport DIRD/PIB du Canada (tableau 6.1).

---

[1] Une bonne analyse des comparaisons des données de R-D est faite dans K.S. Palda et B. Pazderka, *Approaches to an International Comparison of Canada's R&D Expenditures*, Conseil économique du Canada, Ottawa, 1982.

[2] Statistique Canada, *Indicateurs de science et technologie*, Ottawa, 1987, p. 64

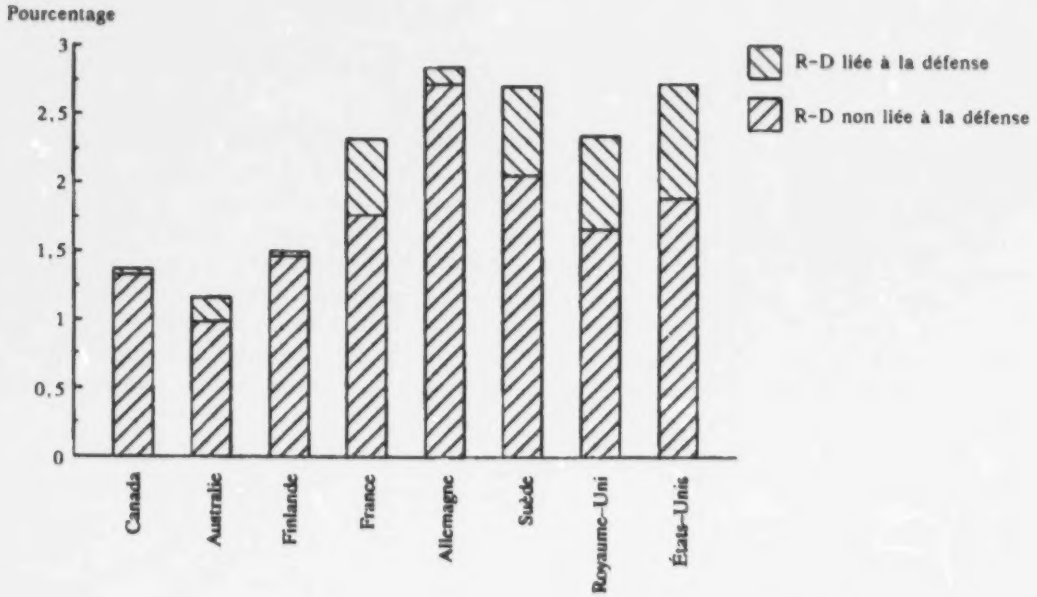


Figure 6.1 Effort national de R-D, 1985 (DIRD en pourcentage du PIB/PNB)

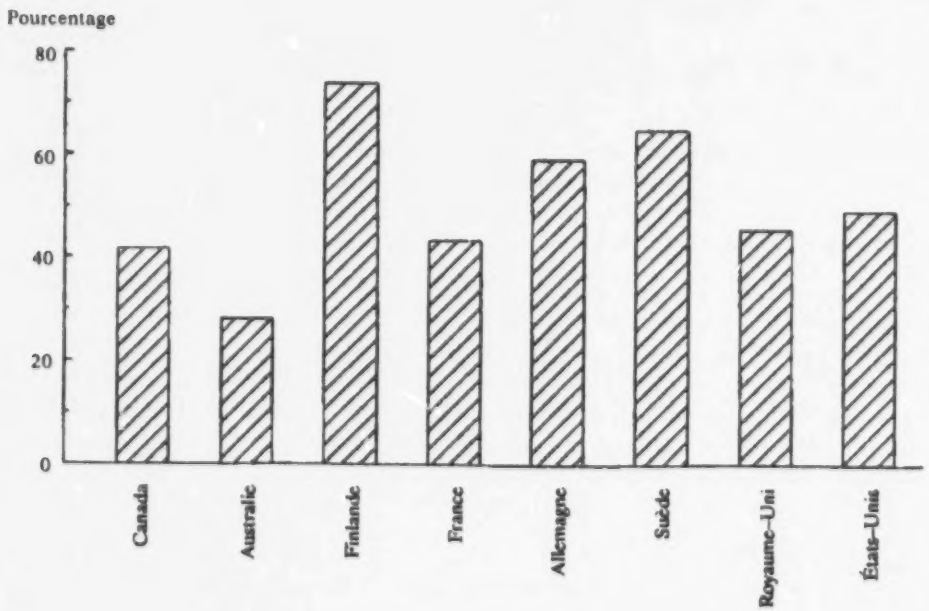


Figure 6.2 Effort de R-D des entreprises, 1985 (DRDE en pourcentage des DIRD)

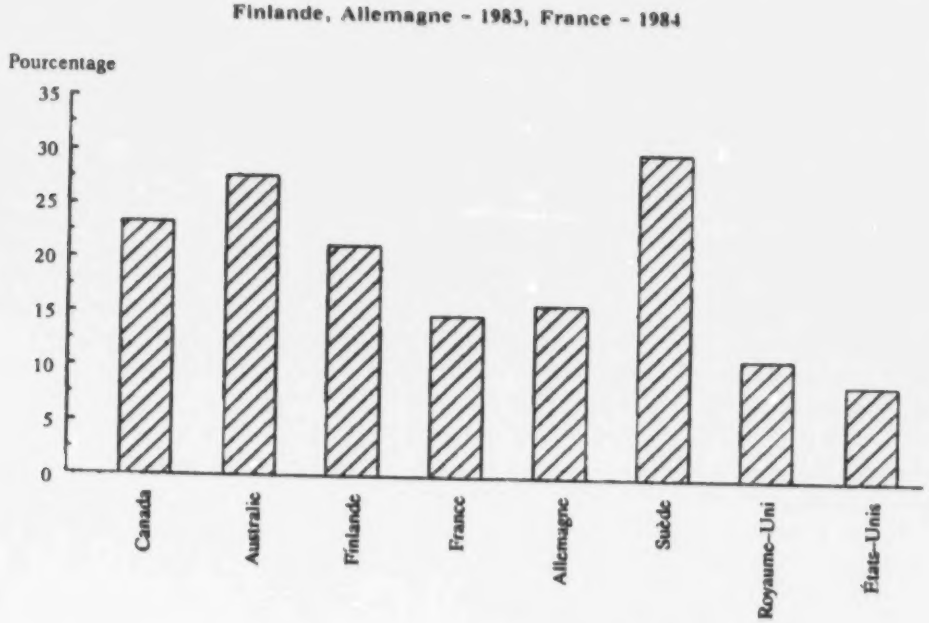


Figure 6.3 Performance des institutions d'enseignement supérieur en matière de R-D, 1985 (Dépenses de R–D dans l'enseignement supérieur en pourcentage des DIRD)

La contribution des entreprises à la R–D au Canada semble se situer à peu près dans la moyenne des pays étudiés. En 1985, l'industrie canadienne a fourni environ 42 % de tous les fonds de R–D, soit à peu près la même proportion qu'en France et au Royaume–Uni. En Suède, en Allemagne de l'Ouest et en Finlande, pays dans lesquels il y a un niveau assez poussé de coopération entre les secteurs, la contribution des entreprises a été plus élevée. La contribution de l'industrie a été relativement faible en Australie, le gouvernement étant la principale source d'aide à la R–D.

Dans la plupart des pays, les organismes d'enseignement supérieur effectuent une proportion relativement importante de la R–D totale. Les principales exceptions sont le Royaume–Uni et les États–Unis. Aux États–Unis, l'industrie, avec l'aide du gouvernement, participe beaucoup moins aux DIRD qu'à la R–D qui en découle, ce qui limite le financement de la R–D effectuée par les universités.[1] L'absence relative de R–D universitaire au Royaume–Uni est peut–être un indice de deux aspects du milieu de la R–D dans ce pays qui ont été notés dans le chapitre précédent : premièrement, l'accent n'a pas été mis sur l'aide du gouvernement à la recherche universitaire et, deuxièmement, l'interaction industrie–universités a été peu encouragée.

[1] National Science Board, *Science Indicators: The 1985 Report*, Washington, 1985, p. 33

Tableau 6.1 Effort national total en matière de R–D, 1985 ou 1980–1985 (Pourcentage de variation*)
(Valeur en millions de dollars US de 1985 ou pourcentage)

	Canada	Australie	Finlande	France	Allemagne de l'Ouest	Suède	Royaume–Uni	États–Unis
DIRD								
Valeur totale	4 782	2 118	678	11 853	17 745	2 705	10 607	107 436
% du PIB/PNB	1.37	1.16	1.50	2.32	2.84	2.70	2.34	2.72
% de variation	37.9	18.8 [b]	23.8 [c]	34.9	3.2 [d]	nd	7.5 [c]	31.9
Non liée à la défense								
% du PIB/PNB	1.33 [f]	0.98	1.47	1.77 [f]	2.72 [f]	2.05	1.66 [f]	1.89
DRDE								
% de DIRD	41.7	28.1	73.8	43.4	58.9	64.6 [e]	45.6	49.0
% du PIB/PNB	.57	.33	.92	1.01	1.67	1.65 [e]	1.07	1.33
% de variation	45.6	71.3 [b]	61.6 [c]	34.2	4.9 [d]	6.1 [e]	nd	30.7
Performance en matière de R–D des institutions d'enseignement supérieur								
% des DIRD	23.3	27.7	21.2 [a]	14.9 [h]	15.9 [a]	30.1 [e]	11.1	8.8
% du PIB/PNB	.32	.32	.49 [a]	.33 [h]	.41 [a]	.80 [e]	.26	.24

Sources : Étude de base de chaque pays: Statistiques Canada, *Indicateurs de science et technologie*, 1987. OCDE, *Reviews of National Science and Technology Policy, Sweden* and *Finland*, 1987, *Australia*, 1986; Australian Bureau of Statistics, *Research and Experimental Development All–Sector Summary*, 1984/85; U.K. Cabinet Office, *Annual Review of Government funded R&D*, 1987; et United States National Science Board, *Science Indicators*, 1985

* Le pourcentage de croissance entre 1980 et 1985 est basé sur les taux de change réels des monnaies des pays.
nd – Non disponible

[a] 1983
[b] 1981–1982 à 1984–1985
[c] 1981–1985
[d] Valeur de 1980 exprimée par la moyenne de 1979 et de 1981
[e] Sciences naturelles et génie seulement; la R–D totale en sciences sociales et en sciences humaines représente environ 0.1 % des DIRD.
[f] Les estimations de 1985 pour le Canada, la France, l'Allemagne de l'Ouest et le Royaume–Uni sont basées sur les DIRD de 1983 non liées à la défense.
[g] Les DRDE s'entendent ici de l'aide financière des entreprises à la R–D et non de la valeur de la R–D réalisée par des entreprises.
[h] 1984

R-D SUR LES MINÉRAUX

Les bonnes perspectives à long terme de l'industrie minière canadienne sont basées sur la richesse des ressources minérales du Canada, sur la force de ses ressources technologiques et humaines, et sur des marchés et des réseaux de distribution bien établis. Les possibilités qui s'offrent au Canada pour soutenir la concurrence internationale dans le secteur des minéraux primaires dépendent de sa capacité à maintenir une avance technologique sur les nouveaux producteurs de minéraux pendant la phase de croissance rapide, à faible prix de revient, de la production de minéraux.

Cela semblerait nécessiter un plus grand effort de R-D, qui serait axé sur la réduction des coûts dans toutes les phases de la production de minéraux primaires. Le secteur industriel au Canada semble se diriger dans cette direction, en faisant davantage preuve de coopération en matière de planification de la recherche et en ayant légèrement augmenté ses dépenses prévues pour 1988. Cependant, l'augmentation est faible et arrive en retard. Elle survient après plusieurs années de difficultés économiques et de faibles dépenses de R-D. Le tableau 3.3 montre que la R-D dans les mines de métaux a chuté brusquement après son sommet anormal de 1981, atteignant en 1983 et 1986 des creux de près de 40 % sous le niveau de 1981. Les mines de minéraux non métalliques ont augmenté quelque peu jusqu'en 1983 pour ensuite se maintenir à un plateau en termes réels.

Entre temps, l'aide financière totale de CANMET a diminué légèrement; les prévisions indiquent que l'aide budgétaire continuera à chuter en termes réels et que CANMET s'attend que, dans le futur, une proportion croissante de ces fonds proviendront de l'industrie sous forme de contrats et de projets conjoints.

Dans les universités, les départements de génie minier sont relativement petits et reçoivent très peu d'aide du CRSNG. Cette dernière et d'autres subventions fédérales ne représentaient en 1985 que 39 % du revenu des départements de génie minier pour la recherche comme l'a relevé le CRS, par rapport à 59 % d'aide fédérale pour l'ensemble de la recherche universitaire. Le nombre de doctorats en génie minier a été très limité.

Le niveau relativement constant de R-D dans le secteur minier dénote l'absence d'initiatives énergiques visant à soutenir la concurrence en matière de production de minéraux de première transformation ou à combler les lacunes technologiques, le leadership en matière de R-D et d'enseignement ayant été abandonné à cause du déclin de la production de minéraux primaires, particulièrement celle des mines de métaux en Europe. Certains efforts de coordination de la recherche ont été faits, mais ils devront être multipliés et assortis d'une aide financière beaucoup plus grande pour accroître le niveau de R-D, d'innovation et d'enseignement dans le secteur minier.

En matière de recherche sur les métaux de première transformation, il est clair que l'aide financière à la R-D sur les métaux ferreux n'a pas augmenté pendant les années 1980, et que l'aide à la R-D sur les métaux non ferreux, sauf chez Alcan, a chuté abruptement, de 42 millions de dollars en 1981 à 26 millions de dollars (dollars de 1981) en 1986. Seule la R-D dans le secteur des mines de minéraux non métalliques a connu une croissance pendant cette période.

Dans les universités, le niveau des études doctorales et de l'aide à la recherche sur les métaux est beaucoup plus élevé qu'en génie minier, ce qui indique que cette branche de l'industrie devrait tôt ou tard profiter de ressources humaines beaucoup plus compétentes pour la R-D.

Tableau 6.2 Indicateurs des activités de R–D dans le secteur minéraux. 1985 (dollar US de 1985 ou pourcentage) ou pourcentage de variation 1980–1985[a]

	Canada	Australie	Finlande	France	Allemagne de l'Ouest	Suède	Royaume–Uni	États–Unis
Dépenses de R–D dans les mines								
Gouvernement								
% du PIB	.2[d]	.2[b]	1.0	nd	1.2[h]	nd	nd	nd
% de variation	nd	nd	−66.3[c]	nd	−13.6	nd	nd	nd
Industrie								
% des ventes	.2[d]	nd	.6	nd	1.1	1.1	nd	nd
% du PIB	.3[d]	.5[b]	1.1	3.2[fg]	2.2[h]	1.5	nd	nd
% de variation	9.5	nd	−32.1[c]	4.1[g]	3.3	.5	nd	nd
Total								
% du PIB	.5[d]	.7[b]	nd	nd	4.2[h]	nd	1.0[j]	nd
% de variation	nd	nd	nd	nd	−3.7	nd	−12.4[j]	nd
Dépenses gouvernementales de R–D sur les métaux de première transformation								
% du PIB	.5[d]	nd	.2	nd	.5[h]	nd	.2[k]	nd
% de variation	nd	nd	−15.0	nd	−6.9	nd	nd	nd
Industrie[e]								
% des ventes	.4[d]	nd	nd	1.3	.9	1.2	nd	.8[f]
% du PIB	.8[d]	1.1[b]	3.9[c]	1.6[f]	2.1[h]	2.8	1.0[k]	2.1[f]
% de variation	−3.0	nd	nd	3.6	6.6	−10.4	−4.8[k]	−.2[i]
Total								
% du PIB	1.4[d]	nd	4.1[c]	nd	2.7[h]	nd	1.2[k]	nd
% de variation	nd	nd	nd	nd	4.4	nd	nd	nd
R–D universitaire en génie minier/métallurgie								
% de variation	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	8.9
% du total	1.3	.5	nd	nd	.3	1.8[f]	nd	1.5
Diplômes de 1er cycle en génie–minier/métallurgie								
% de variation	10.0	nd	−6.6[m]	nd	13.1	nd	−3.5	−1.8[i]
% du total	nd[i]	nd	nd	nd	.6[f]	nd	.6	.1[f]
Diplômes de deuxième et troisième cycles								
% de variation	20.3[i]	nd	nd	nd	9.5[i]	6.5[n]	−1.9	5.9[i]
% du total	nd	nd	nd	nd	.3[f]	6.1	1.1	.2[f]

Tableau 6.2 (suite)

Source : Étude de base de chaque pays

* La moyenne des pourcentages annuels de variation est basée sur la valeur réelle des monnaies nationales.

a L'aide gouvernementale à la R–D dans l'entreprise sert de mesure approchée de la R–D gouvernementale.

b On utilise la valeur ajoutée plutôt que le PIB. Les dépenses de l'industrie se rapportent principalement à la R–D intra–muros totale financée par des fonds propres. 1984 pour les mines. 1985 pour les métaux de première transformation.

c 1983–1985. Pour le gouvernement, le pourcentage de variation correspond seulement à l'aide gouvernementale à la recherche intra–muros dans l'industrie. La variation annuelle moyenne pour 1981–1985 a été de 9 %. Pour l'industrie, le pourcentage de variation pour 1981–1983 a été de 69,1 % avec une variation annuelle moyenne de 18,5 %.

d 1985 pour le pourcentage des ventes (les ventes dans le secteur des mines excluent le charbon). 1986 pour le pourcentage du PIB. Les dépenses de l'industrie sont les dépenses intra–muros totales estimées de l'industrie financées par des fonds propres. Les pourcentages de vente et du PIB pour l'industrie des métaux de première transformation sont trompeurs. Ils se rapportent aux fonds propres de la société mère nationale. Dans le cas de l'Alcan, une grande partie de la R–D est effectuée à l'aide de fonds provenant de la société mère internationale et ne fait pas partie de la R–D financée par des fonds propres. La R–D totale effectuée par l'industrie des métaux de première transformation a représenté 1,6 % du PIB du secteur en 1986.

e 1980–1985 pour le pourcentage annuel moyen de variation.

f Fonds fournis par l'industrie. R–D non effectuée par l'industrie.

g 1984

h Les pourcentages du PIB sont des estimations pour 1983. L'aide financière totale est mesurée par les dépenses totales de R–D effectuée par les entreprises sans distinction des sources de financement.

i 1983

j Charbon britannique seulement – Comprend l'aide du gouvernement et de l'industrie et représente la vaste majorité de toute la R–D minière effectuée au Royaume–Uni. 1983–1984 à 1985–1986 pour le pourcentage de variation, les valeurs ajoutées de 1983 pour le pourcentage du PIB.

k R–D de l'industrie sur les mines de charbon seulement, en pourcentage de la valeur ajoutée. 1983. Pourcentage de variation pour l'industrie basé sur la valeur estimée de la R–D intra–muros totale financée par l'industrie seulement pour 1981–1985. Pourcentage du PIB calculé à partir de la valeur ajoutée et de la R–D estimée pour 1984.

l R–D dans le secteur des mines seulement. 1984.

m Université de technologie d'Helsinki seulement

n 1982–1985

Le Canada continue d'exporter la plus grande partie de sa production de minéraux métalliques primaires sous forme de minerais et de concentrés, tandis que les pays européens continuent de mettre l'accent sur les efforts de R-D et les programmes universitaires dans le secteur des métaux de première transformation. Néanmoins, on observe des signes de ralentissement dans ces secteurs ainsi que dans le secteur de la R-D minière. Les fonderies et les affineries européennes sont désavantagées du fait qu'elles doivent importer leurs matières premières et leur énergie pour soutenir leurs industries de métaux de première transformation, et qu'elles doivent supporter des coûts élevés en matière de protection de l'environnement. Il s'agit là d'une occasion pour le Canada d'anticiper un déclin dans ce secteur et d'accroître son rôle dans le domaine de la fusion et de l'affinage, si cela offre toutefois des avantages économiques pour le pays. Il faudra prévoir une aide particulièrement importante à la R-D en matière de protection de l'environnement. Il faudra aussi faire de la recherche pour minimiser les coûts de production et s'assurer que les ressources énergétiques du Canada sont utilisées efficacement.

Le tableau 6.2 renferme quelques chiffres qui permettent de comparer les efforts de R-D des pays étudiés. Ces données comportent de nombreuses lacunes. L'information qualitative et des données plus détaillées tirées des études de base donnent un aperçu général.

Presque tous les pays étudiés semblent délaisser la R-D dans les secteurs des ressources primaires au profit du secteur de la fabrication de produits plus finis. Le Canada et l'Australie semblent également suivre cette tendance. En d'autres termes, le Canada semble suivre la tendance vers un déclin qui prévaut dans les pays où l'industrie des mines de métaux a disparu ou tire à sa fin et où l'industrie des métaux de première transformation dépend de plus en plus de l'importation de matières premières et doit faire face à des règlements de plus en plus rigoureux en matière de protection de l'environnement. Comme les perspectives canadiennes en matière de production de minéraux primaires sont prometteuses, il semblerait logique de suivre une voie différente et d'augmenter les capacités technologiques du Canada en matière de R-D dans le secteur des mines.

L'industrie des métaux de première transformation devrait aussi songer à tirer partie de sa facilité d'accès aux matières premières et aux ressources énergétiques. L'industrie devrait consacrer de plus grands efforts de R-D en matière de rendement énergétique et de protection de l'environnement afin de susciter plus d'intérêt pour le développement de ce secteur au Canada.

CHAPITRE 7. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

INTRODUCTION

Cette étude visait à comparer les tendances dans le financement de la R–D dans le secteur des minéraux au Canada avec les tendances dans d'autres pays où il existe une tradition de compétences en matière de minéraux et une certaine abondance de données sur le sujet. On pourrait logiquement s'attendre à ce que les conclusions de l'étude répondent à cette question simple : **Comment les efforts de R–D du Canada en génie minier et en métallurgie se comparent–ils avec ceux des autres pays étudiés?** Malheureusement, l'analyse des données recueillies ne mène pas à une réponse simple. Les données, qui proviennent autant de publications que de sources originales, sont fragmentées et incomplètes, et sont rarement fiables et comparables.

Par exemple, les rapports qui comparent la R–D au PIB comportent des écarts de l'ordre de quelques dizièmes d'un pour cent, ce qui peut sembler sans conséquence, mais qui, en fait, peut être énorme. Les pourcentages de variation dans les diverses catégories de R–D sont souvent élevés, mais semblent, dans certains cas, représenter des tendances qui défient la réalité. Les différences dans le temps et entre les pays peuvent en fait être réelles ou peuvent refléter des différences dans les définitions, des changements dans les méthodes de cueillette des données ou d'autres facteurs plus ou moins pertinents. En d'autres termes, les données de R–D ne donnent souvent pas des indications fiables de l'intensité ou des tendances de la R–D à des fins de comparaison. En outre, elles ne sont pas assez complètes, comparables ou fiables dans leur forme brute pour se prêter à une analyse économique plus rigoureuse visant à déceler des relations cachées.

L'utilité de l'étude tient à un autre aspect, un aspect constructif, qui peut et doit être élucidé si nous voulons utiliser efficacement nos ressources minérales : **Comment les efforts de R–D du Canada dans le secteur des minéraux doivent–ils être planifiés et évalués?** Il reste beaucoup à apprendre des comparaisons internationales faites dans cette étude, ce qui peut nous aider à répondre à cette question. Le cadre d'analyse défini au chapitre 2 constitue une base pour identifier les besoins de R–D au Canada; et l'information quantitative et qualitative contenue dans les études de base aide à identifier les possibités et les contraintes qui doivent être reconnues si les besoins de R–D doivent être satisfaits. Répondre aux besoins de R–D ne suffit toutefois pas en soi. L'analyse renseigne aussi sur la transition efficace de la R–D à l'innovation et à la commercialisation qui sont nécessaires pour soutenir la concurrence.

STATISTIQUES DE R–D

Les statistiques sur les efforts de R–D dans l'industrie des minéraux ne sont tout simplement pas disponibles sous aucune forme utile pour l'évaluation du secteur. Statistique Canada recueille et publie des résultats d'enquêtes sur les efforts de l'industrie, mais les problèmes suivants se posent :

- manque d'uniformité dans les déclarations des entreprises;
- incapacité de distinguer entre les sources de financement intra–entreprise et extra–entreprise dans les entreprises intégrées;
- information sur la R–D classée selon la classification CTI des entreprises plutôt que suivant le but de la R–D (par exemple, on ne fait aucune distinction, dans les données de R–D publiées, entre l'exploration, l'exploitation minière, la transformation ou le développement de produits, – tous ces domaines sont combinés dans la catégorie CTI dans laquelle l'entreprise est classée);

- changements dans les données pendant la révision de publications antérieures – dans certains cas, les changements ne sont pas expliqués, mais ils sont suffisamment importants pour invalider les conclusions auxquelles ils auraient pu mener antérieurement.

Les données publiées pour les différents ministères fédéraux sont en général basées sur les dépenses totales de R–D par ministère et sur des objectifs socio–économiques. Ni l'une ni l'autre de ces catégories n'est directement utilisable pour l'analyse par secteur industriel. Les données des provinces ne sont fournies sous aucune forme utile pour une analyse par secteur industriel. Les universités ne constituent pas une source de financement de la R–D, mais sont d'importants exécuteurs de R–D. Ici encore, aucune donnée n'est publiée sur les dépenses de R–D universitaire par discipline, et même les départements semblent avoir souvent de la difficulté à faire état de l'aide reçue pour la R–D par année et par source de financement.

Recommandation : Si de bonnes données sur la R–D dans l'ensemble du secteur sont considérées comme un élément essentiel du processus de planification et d'évaluation de la R–D, il faut alors que les planificateurs de l'industrie, des universités et des gouvernements se réunissent avec Statistique Canada pour discuter des besoins et des possibilités d'information, et pour mettre au point des séries de données qui répondront aux besoins sans imposer des fardeaux irraisonnables.

STADE DU CYCLE DE VIE

Les industries des minéraux du Canada en sont au stade de la maturité dans leur cycle de vie, les possibilités à long terme étant excellentes pour une vaste gamme de minéraux métalliques, non métalliques et énergétiques bruts. Cette situation contraste fortement avec celle de la plupart des pays étudiés qui font face à un épuisement de leurs gisements de minéraux métalliques et dont les ressources énergétiques sont soit trop coûteuses, soit inexistantes. Cependant, ces pays possèdent également une proportion importante des compétences existantes en matière de R–D et de technologie et offrent traditionnellement des programmes d'enseignement en production des minéraux primaires.

Entre temps, plusieurs pays en voie de développement (qui n'ont pas fait l'objet de cette étude) sont, ou sont en voie de devenir, de sérieux concurrents comme producteurs de minéraux bruts. Un grand nombre de pays font aussi des progrès énormes dans le développement de leurs propres compétences technologiques. Pour concurrencer ces pays et continuer de récolter les fruits de son héritage minéral, le Canada doit demeurer parmi les producteurs à faible prix de revient. Cependant, le Canada ne peut continuer à dépendre de la technologie et des compétences des pays d'Europe, si ces derniers diminuent leurs efforts de R–D et de formation en production de minéraux primaires. Même si les fabricants d'équipements européens continuent de fournir aux exploitations minières une technologie de pointe, cela n'assure au Canada aucune avance sur ses concurrents, parce que ces derniers y auront aussi accès.

Recommandation : Le Canada devrait développer ses ressources technologiques et humaines existantes en matière de production de minéraux bruts en concentrant ses efforts de R–D et d'innovation dans l'exploration des minéraux et dans l'industrie minière, afin de demeurer concurrentiel sur le plan de la production de minéraux primaires. Il devrait aussi renforcer la R–D et l'enseignement dans les départements de géologie exploratoire et de génie minier de ses universités.

Les industries canadiennes des métaux de première transformation et du travail des métaux sont relativement moins importantes que le secteur des minéraux bruts, comparativement à la situation dans la plupart des autres pays étudiés. Les secteurs des métaux en Europe et aux États-Unis, quoique relativement plus importants, sont soumis à une très forte pression. Ils doivent être modernisés et rationalisés, mais ils attirent peu les investisseurs à cause de leur dépendance à l'endroit des matières premières importées, du coût élevé de l'énergie et des coûts élevés pour la protection de l'environnement. Dans ces circonstances, le Canada a la possibilité d'augmenter le niveau de transformation de ses minéraux bruts à long terme, à mesure que les coûts et d'autres contraintes diminuent les activités de métallurgie extractive en Europe et aux États-Unis. Il faut cependant rappeler que certains pays en voie de développement nous font une vive concurrence, étant favorisés, du moins au départ, par des coûts relativement moindres pour la protection de l'environnement, entre autres choses.

Recommandation : Le Canada devrait orienter la recherche fondamentale et appliquée à long terme vers la métallurgie extractive, en mettant l'accent sur la protection de l'environnement et l'économie d'énergie.

DÉPENDANCE À L'ENDROIT DES IMPORTATIONS ET DES EXPORTATIONS

L'Australie est le seul pays étudié qui dépend plus que le Canada des marchés d'exportation pour écouler sa production intérieure de minéraux métalliques et énergétiques bruts. Tous les autres pays dépendent de plus en plus de produits minéraux importés et concentrent de plus en plus leurs efforts de R-D vers l'économie de matériaux, les produits de remplacement des importations et la fabrication de produits plus finis. Autant le Canada que l'Australie délaissent également les ressources naturelles pour se tourner vers la fabrication et la R-D de haute technologie. Cependant, la vraisemblance d'une dépendance à long terme envers les marchés d'exportation pour les minéraux bruts renforce la recommandation selon laquelle le Canada devrait orienter la R-D vers la production de minéraux primaires pour continuer d'être concurrentiel.

FACTEURS ÉCONOMIQUES, SOCIAUX ET POLITIQUES

Le Canada partage avec les autres pays étudiés un réseau complexe de politiques gouvernementales et de pressions économiques et sociales qui touchent le secteur des minéraux en raison des coûts et des incitatifs qu'elles comportent. Certaines de ces pressions ont contribué à précipiter le déclin du secteur des minéraux en Europe et aux États-Unis, et ont également imposé des fardeaux économiques dans ce secteur au Canada et en Australie. Ces pressions tendent à être moins fortes dans certains pays en voie de développement, quoiqu'elles comportent en soi des coûts qui peuvent parfois être équivalents.

L'effet de ces coûts et de ces incitatifs imposés par le gouvernement dans le secteur canadien des minéraux, ou sur sa viabilité économique, sa profitabilité et sa compétitivité internationale, n'est pas évalué systématiquement. Sans une telle analyse, il est impossible de mesurer les coûts et les avantages des incitatifs, des règlements et des autres politiques et programmes gouvernementaux.

Recommandation : Il faudrait étudier l'effet des politiques et programmes gouvernementaux en mettant l'accent sur une analyse systématique de l'incidence globale des coûts et avantages qui

en résultent sur le rendement économique de l'industrie des minéraux, et ultimement de leur incidence sur la valeur réalisée à partir des richesses minérales du Canada.

L'organisation et la concentration des industries sont des facteurs importants dans l'évaluation des sources de financement et de la performance de la R-D. Au Canada, la propriété est privée (à quelques exceptions près) et l'effort de R-D de l'industrie dépend étroitement des fluctuations des rentrées nettes de fonds. En outre, les efforts de R-D de l'industrie sont concentrés dans quelques grandes entreprises, où la protection de l'information est un grand sujet de préoccupation. Cependant, la concurrence est faible dans le domaine de la différentiation des produits minéraux bruts; en outre, les entreprises qui effectuent de la R-D transforment et commercialisent souvent les produits des petites entreprises. Cette situation est différente dans les pays européens où les entreprises sont moins nombreuses avec une plus grande proportion de sociétés d'état et où le secteur des minéraux est en général petit et fortement intégré. L'industrie canadienne doit concentrer davantage ses efforts pour régulariser les fluctuations dans le financement et la performance de la R-D, et pour collaborer au transfert de la technologie et à la commercialisation des résultats.

Recommandation : L'industrie canadienne des minéraux devrait poursuivre les initiatives qu'elle a déjà entreprises pour augmenter la collaboration directe dans des efforts de recherche conjoints visant à améliorer la productivité, à mettre au point de nouveaux produits et à protéger l'environnement dans le secteur des minéraux.

LE FACTEUR CULTUREL

Comme il a déjà été mentionné, ce facteur est sans doute le plus difficile à mesurer. Toutefois, il est clair que le Canada attire relativement peu de ses propres étudiants les plus brillants dans des programmes d'études des minéraux de troisième cycle. En outre, l'industrie et le gouvernement canadien attirent relativement peu de scientifiques et d'ingénieurs dans des postes d'exploitation et de direction. Cette dernière lacune a de nombreux effets négatifs sur les politiques et l'efficacité des programmes de R-D, un des plus graves étant d'accentuer le manque d'élèves très brillants en limitant les possibilités de carrière. Même s'il était impossible de changer les causes sous-jacentes ou la nature des attitudes des Canadiens envers la science et la technologie, il est possible de changer la façon dont les efforts de R-D sont organisés et utilisés. Tout effort de R-D et d'innovation doit comporter des incitatifs et des ponts permettant de passer outre le fossé traditionnel qui sépare les scientifiques de la haute direction et des maîtres d'oeuvre des politiques. Les recommandations qui suivent offrent plusieurs voies possibles.

Recommandation : L'industrie devrait employer un plus grand nombre de diplômés universitaires de tous les cycles en science et en génie dans les secteurs de la production et de l'exploitation.

Cette mesure aura plusieurs effets positifs, y compris le transfert de connaissances acquises en recherche directement dans les opérations et la création de possibilités de carrière à tous les niveaux des opérations et de la direction.

Le rôle du gouvernement devrait être d'encourager et de soutenir les efforts du secteur privé dans les domaines cibles identifiés de l'exploration, des mines et de la métallurgie.

Recommandation : Le gouvernement devrait encourager la communication et le transfert de la technologie en soutenant les programmes conjoints de R-D qui font intervenir les utilisateurs finals.

Recommandation : Le gouvernement devrait aider l'industrie à atténuer les fluctuations dans le financement de la R-D qui tiennent à la volatilité des rentrées de fonds de l'industrie.

Recommandation : Le gouvernement devrait confier à un plus grand nombre de scientifiques et d'ingénieurs des rôles dans les opérations et dans l'élaboration des politiques.

Les universités ont aussi un rôle à jouer, même si elles sont parmi les intervenants qui contribuent le plus à isoler la science et le génie des autres disciplines.

Recommandation : Les universités devraient encourager davantage les rapports interdisciplinaires chez les étudiants et le personnel enseignant.

Recommandation : Les universités devraient encourager le personnel enseignant de toutes les disciplines appliquées, qu'il s'agisse de disciplines liées aux sciences sociales, aux sciences naturelles ou au génie, à communiquer avec les utilisateurs finals de l'industrie et les organismes publics d'information et d'élaboration de politiques.

Les carrières embrassant les trois secteurs devraient constituer la règle plutôt que l'exception.

BIBLIOGRAPHIE*

"An Island of Coal", *Mining Journal*, (Londres : 27 mai 1988).

Anderson, David L. et T. Bennett, *An Inter-Sectoral Study of Canada's Resource Industries*, Kingston : Centre for Resource Studies, Université Queen's, 1988.

Arvidsson, S., *Forskning och utveckling inom mineralomradet*, (R&D in the Mineral Sector), (Uppsala : SGU (Swedish Geological Survey, 1987).

Australasian Institute of Mining and Metallurgy, *Bulletin and Proceedings*, novembre 1985.

Australian Bureau of Agriculture and Resource Economics, *Resource Trends*, (Canberra : diverses années).

Australian Bureau of Statistics, *Australian National Accounts 1985/1986*, (Canberra : 1986).

Australian Bureau of Statistics, *Mineral Exploration in Australia, 1985/1986*, nº de catalogue : 84007.0, (Canberra : 1986).

Australian Bureau of Statistics, *R&D Education Statistics 1984*, (Canberra : 1986).

Australian Bureau of Statistics, *Research and Experimental Development, Sommaire couvrant tous les secteurs*, nº de catalogue : 8112.0, (Canberra : diverses années).

Australian Bureau of Statistics, *Research and Experimental Development, Business Enterprises*, nº de catalogue : 8104.0, (Canberra : diverses années).

Australian Bureau of Statistics, *Research and Experimental Development, General Government*, nº de catalogue : 8109.0, (Canberra : diverses années).

Australian Bureau of Statistics, *Research and Experimental Development, Higher Education Organisations*, nº de catalogue : 8111.0, (Canberra : diverses années).

Australian Bureau of Statistics, *Tertiary Education 1985*, (Canberra : 1987).

Australian Bureau of Statistics, *Yearbook Australia*, (Canberra : diverses années).

Australian Coal Industry Research Laboratories (ACIRL), *Rapports annuels*, (Sydney : diverses années).

Australian Mineral Industries Research Association Limited (AMIRA), *Rapports annuels*, (Melbourne : diverses années).

Australian Mineral Industries Research Association (AMIRA), *Données historiques 1959-1984*, (Melbourne: 1985).

Australia Petroleum Exploration Association Limited, *Rapport annuel*, 1986.

Australian Research Grants Scheme, *Report on Grants Approved, 1986* et *1987*, (Canberra : 1985 et 1986).

---

* M. Wojciechowski, *R&D Trends in the Mineral Sector in Canada*, Centre for Resource Studies, Kingston, Décembre 1988

Befo (Mining Research Organization), *Verksamheten*, (Suède : 1984).

BMFT (Ministry for Research and Technology), *Bundesbericht Forschung 1988*, (Bonn : 1988).

BMFT, *Faktenbericht 1986 zum Bundesbericht Forschung*, Bonn, 1986.

BMWi (Ministry of Industry), *Leistung in Zahlen 1985*, Bonn, 1986.

Banque du Canada, *Rapport de la Banque du Canada*, mai 1988

Barnett, D., *Minerals and Energy in Australia*, (Stanmore, New South Wales : Cassell Australie, 1979).

British Geological Survey, *UK Mineral Statistics 1986*, (Londres : 1987).

Bureau of Mineral Resources (BMR), *Australian Mineral Industry Annual Review*, (Canberra : diverses années).

Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, *Australian Geoscience*, (Canberra : diverses années).

Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, *Plan d'entreprise de CANMET 1988–1991*, Ottawa : 1987.

Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, CANMET, *Planification à long terme* 1985–1990, Ottawa : 1985.

Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, CANMET, *Planification à long terme* 1988–1993, Ottawa : 1988.

Canadian Mining Journal, diverses années.

Central Statistical Office of Finland (OSF), *Research Activity, 1983 and 1985*, (Helsinki : 1985 et 1987).

Central Statistical Office of Finland, *Science and Technology 1987*, Helsinki : 1987.

Central Statistical Office of Finland (OSF), *Yrityssektorin Tutkimus, Ja Kehittamistorminta 1985 (R&D in Business Enterprises 1985)*, (Helsinki : 1987).

Commonwealth Scientific and Industrial Research Organizations (CSIRO), *Rapports annuels*, (Canberra : diverses années).

Confederation of Finnish Industries, *Finnish Industry and Labour Market in Figures 1987*, (Helsinki : 1987).

Coopers et Lybrand et Australian Mining Industry Council, *Minerals Industry Survey*, (Canberra : diverses années)

Ministère de l'expansion économique et régionale, *Localités à industrie unique*, Ottawa : 1987.

Department of Resources and Energy, *Energy 2000 Policy Review*, (Canberra : 1986).

Dickson, David, "UK Science : Survival of the Fittest – or Fattest?", *Science*, 236, Washington, le 1er mai 1987.

Dunlop, G.L., "The Role of Materials R&D in Sweden", Réimpression d'un exposé présenté lors d'une conférence, Stockholm, non daté.

Énergie, Mines et Ressources Canada, *Rapport annuel*, diverses années.

Énergie, Mines et Ressources Canada, *Rapport mensuel Industrie canadienne des minéraux*, diverses années.

Énergie, Mines et Ressources Canada, *Annuaire canadien des minéraux*, diverses années.

Énergie, Mines et Ressources Canada, *Mines canadiennes : Perspectives à partir de 1984*, Ottawa : 1985.

Énergie, Mines et Ressources Canada, et Energy and Mines Manitoba, *New Financial Mechanisms for Addressing Mining Community Problems*, Ottawa : 1985.

Eurostat, *Government Financing of Research and Development, 1974–1984*, (Bruxelles : Communauté européenne).

Financial Post, *Survey of Mines and Energy 1986*, Toronto : 1986.

Gardiner, C.D. ed., *Canadian Mines Handbook 1986/7, Toronto* : Northern Miner Press, 1987.

Commission géologique du Canada, *Rapport annuel*, diverses années.

Gouvernement du Canada, *Prévisions budgétaires Partie II : Budget des dépenses principales et Partie III : Plan de dépenses*, diverses années.

Gouvernement du Canada, *Comptes publics*, diverses années.

Gouvernement du Québec, *Prévisions budgétaires*, diverses années.

Haapala, I., "The History of Geology Teaching at Finnish Universities", Geological Survey of Finland *Bulletin* 336, (Espoo : GSF,1986).

Hall, Bo, "Gruvteknik 2000", Projektenhet 2, STU (Board for Technical Development), Stockholm, 23 février 1987, polycopie.

Humphreys, David, "Mining Interests Overseas", *Resources Policy*, mars 1988.

INSEE (National Institute for Science and Education), *Annuaire Statistique de la France*, (Paris : 1987).

Institute of Energy and Earth Resources, *Rapport annuel 1985/1986*, (Melbourne : 1986).

International Monetary Fund, *International Financial Statistics 1987*, (Washington : 1987).

Laboratory of Mining Engineering, Helsinki University of Technology, *Rapport annuel*, Espoo, Finlande, 1986.

La documentation française, *Revue Recherche et Echnologie*, (Paris : 1987).

Lexicon – Institut Bertelsmann, *Facts About Germany*, (Cologne : 1984).

Matikainen, R., *Mining in Finland*, Étude de base préparée à l'occasion du World Mining Congress, Stockholm, juin 1988.

Mining Journal Annual Review, Londres, 1987.

Mining Journal, *Mining Annual Review*, Londres, diverses années.

Mining Journal, Londres, différents numéros.

Mining Journal, Londres, "USBM Research," le 27 mai 1988, p. 27.

Ministre d'État, Sciences et Technologie. *Ébauche : Background to a Study of the Potential for New Technologies in the Resource Sectors*, Ottawa : 1985.

Ministère de l'éducation nationale, Recherche et développement dans les entreprises, (Paris : 1987).

National Science Foundation, *Rapport annuel*, (Washington : diverses années).

National Science Foundation, *Federal Funds for R&D, 1985, 1986 and 1987*, vol. XXXV, (Washington: 1987).

National Science Foundation, *Federal R&D Funding by Budget Function, FY–1988*, (Washington : 1987).

National Science Foundation, *Federal Support to Universities, Colleges and Selected Non–Profit Institutions FY–1986*, (Washington : 1988).

National Science Foundation, *National Patterns of Science and Technology Resources 1986*, (Washington : 1986).

National Science Foundation, *Science Indicators : the 1985 Report*, (Washington : 1986).

National Science Foundation, *Science Resource Studies Highlights*, (Washington : 1988).

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie, *Rapport annuel*, diverses années.

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), *Rapport du président*, Ottawa, diverses années.

Natural Environment Research Council, *Rapports annuels*, Royaume–Uni, diverses années.

Norman, Colin, "Pork Barrel Science : No End in Sight", *Science*, Washington, vol. 236, le 3 avril 1987, p. 16–17.

OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques), *Economic Surveys : France, 1986/1987*, (Paris : 1987).

OCDE, *Economic Survey : Germany (1986–7)*, (Paris : 1987).

OCDE, *Economic Surveys*, (Paris : 1987).

OCDE, *Industrial Structure Statistics*, (Paris : diverses années).

OCDE, *Labour Force Statistics 1965–85*, (Paris : 1987).

OCDE, *Main Economic Indicators*, (Paris : 1987).

OCDE, *National Accounts, 1973–1985*, (Paris : 1987).

OCDE, *Reviews of National Science and Technology : Australia*, (Paris : 1986).

OCDE, *Reviews of National Science and Technology Policy : Sweden*, (Paris : 1987).

OCDE, *Science and Technology Policy Options*, (Paris : 1985).

OCDE, *The Measurement of Scientific and Technical Activities*, the Frascati Manual), Paris : 1981.

Ontario Ministry of Agriculture and Food, *Report of the Agricultural Research Institute of Ontario*, diverses années.

Outokumpu Oy, *Rapports annuels*, Helsinki, diverses années.

Outokumpu *News*, Helsinki, 1986.

Outokumpu Oy, "Keskushallento", document interne, Helsinki, le 3 juin 1986.

Petro-Canada International Assistance Corporation, *Rapport annuel*, Ottawa, diverses années.

Petroleum Monitoring Agency Canada, *Rapport annuel*, Ottawa, diverses années.

Petroleum Monitoring Agency Canada, *Petroleum Industry Monitoring Survey*, Ottawa, diverses années.

Pulp and Paper Research Institute of Canada, *Rapport annuel*, diverses années.

Pye, Charles H., *Profitability in the Canadian Mining Industry*, Kingston : Centre for Resource Studies, Université Queen's, 1981.

Raumolin, J., *The Role of Education in the Development of the Mining Sector in Finland*, (Helsinki : Research Institute of the Finnish Economy, 1986).

Reserve Bank of Australia, *Australian Economic Statistics, 1949/1950 to 1984/1985*, (Sydney : 1986).

Rose, A.W., Eggert, R.G., "Exploration in the United States," in J. Tilton et al., eds., *World Mineral Exploration*, (Washington : Resources for the Future, 1988).

SGU (Swedish Geological Survey), *Anslagsframstallning for budget aren 1988/89 – 1990/91*, (Uppsala: 1988).

STU (Board of Technical Development), *Forskning Gruvan : Luos savaara 1976–1985*, Stockholm, 1987.

STU, *The 1986 STU Forward Look : Executive Summary*, Stockholm, mars 1987.

Salo, Urpo, *Statistics of the Mining Industry in 1986*, (Helsinki : Ministry of Trade and Industry, 1987).

"Shrinking Numbers", *Mining Journal*, Londres, le 13 janvier 1989.

Society of Economic Geologists, *Economic Geology*, diverses années.

Statistisches Bundasamt, *Bildung im Zahlenspiegel*, (Bonn), diverses années.

Statistisches Bundesamt, *Finanzen der Hochschulen 1984*, (Wiesbaden : 1985).

Statistisches Bundesamt, *Statistisches Jahrbuch*, (Wiesbaden), diverses années.

Statistique Canada, *Rapport annuel du ministre des Approvisionnements et Services Canada présenté sous l'empire de la Loi sur les déclarations des corporations et des syndicats ouvriers. Partie I, Corporations*, catalogue 61-210.

Statistique Canada, *L'industrie du pétrole brut et du gaz naturel*, catalogue 26-213.

Statistique Canada, *Dépenses d'exploration de développement et d'immobilisations pour les mines et les puits de pétrole et de gaz naturel : perspective* catalogue 61-216.

Statistique Canada, *Exportation, Commerce de marchandises*, catalogue 65-2-02.

Statistique Canada, *Activités scientifiques fédérales*, catalogue 88-204.

Statistique Canada, *Revue générale sur les industries minérales, mines, carrières et puits de pétrole*, catalogue 26-201.

Statistique Canada, *Produit intérieur brut* (1970 SIC) catalogue 61-213.

Statistique Canada, *Produit intérieur brut par industrie* (1980 SIC) catalogue 15-001.

Statistique Canada, *Produit intérieur brut par industrie (1981 = 100)*, (1980 SIC), catalogue 15-512.

Statistique Canada, *Statistiques sur la recherche et le développement industriels (avec des estimations) 1985*, catalogue 88-202.

Statistique Canada, *Investissements privés et publics au Canada, perspectives révisées*, catalogue 61-206.

Statistique Canada, *Statistique des sciences*, catalogue 88-001.

Statistique Canada, *Classification type des industries (CTI), 1980*, catalogue 12-501.

Statistique Canada, *Enseignants dans les universités*, catalogue 81-241.

Statistique Canada, *Universités, Inscriptions et grades décernés*, catalogue 81-204.

Statistique Canada, *Finances des universités, analyse des tendances*, catalogue 81-260.

Statistics Sweden, *Forskningsstatistik* (Research Statistics), Teknisk och naturvetenskaplig forskning och utveckling inom foretagssektorn, Stockholm, diverses années.

Statistics Sweden, *Hogskolan 1984/1985 - 1985/1986*, Statistiska meddelanden U-21 SM 8702, (Stockholm : 1988), tableau 2).

Stifterverband fur die Deutsche Wissenschaft, *FuE in der Wirtschaft*, (R&D in Industry) *1983* et *1985*, (Essen : 1986 et 1988).

SveDeFo (Swedish Explosives Research Organization), *Rapport annuel*, Suède, diverses années.

Technical Research Centre of Finland, *Rapport annuel 1986*, (Helsinki : 1986).

The Swedish Institute, *Fiches techniques sur la Suède : Research Planning and Organization in Sweden*, juillet 1986.

Tung, F.L. et G. Strain, *Canadian Farm Economics*, vol. 21, nº. 1, Ottawa : Agriculture and Canada, 1987.

UHA (Board of Higher Education), *Higher Education and Research in Sweden*, Stockholm, diverses années.

UK Business Statistics Office, *Business Monitor Quarterly Statistics*, (Londres, diverses années).

UK Cabinet Office, *Annual Review of Government Funded R&D, 1986* and *1987*, (Londres : 1986 et 1987).

UK Central Statistical Office, *Annual Abstract of Statistics 1988*, (Londres : 1988).

UK Central Statistical Office, *Economic Trends*, nº 394, août 1986 et nº 418, août 1988.

UK Department of Educational Science, *Education Statistics for the United Kingdom*, (Londres, diverses années).

UK Department of Industry and Trade, *British Business*, (Londres : le 5 février 1988).

US Bureau of Economic Analysis, *Survey of Current Business*, (Washington : diverses années).

US Bureau of Mines, *Minerals Handbook*, (Washington : 1982).

US Bureau of Mines, *Minerals Yearbook*, (Washington : diverses années).

US Bureau of Mines, *The Mineral Industry of France 1985*, Mineral Yearbook preprint, (Washington: 1987).

US Department of Commerce, *Statistical Abstract of the United States*, (Washington : diverses années).

US Department of Commerce, *1988 U.S. Industrial Outlook, 1988*, (Washington : 1987).

US Department of Education, *Digest of Education Statistics*, (Washington : diverses années).

US Department of Energy, *Annual Energy Review, 1986*, (Washington : 1987).

US Government, *Budget of the United States Government, 1989 Appendix*, (Washington : 1988).

VTT (Technology Research Centre), *Rapport annuel*, (Helsinki : 1986).

"Vuosina 1980–85 Valmistuneiden Geologien Tyohonsijoit tuminen", *Geologi*, Helsinki, nº. 10, le 31 décembre 1986.

Walsh, John, "NSF Puts Big Stake on Research Centres", *Science*, Washington, vol. 236, le 3 avril 1987, p. 18–19.

Wissenschaftsrat (Science Council), *Drittmittel der Hochschulen*, (Cologne : 1986).

Yudelman, David, *Canadian Mineral Policy, Past and Present : The Ambiguous Legacy*, Kingston : Centre for Resource Studies, Université Queen's, 1985.

ANNEXE A

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DÉCOULANT DES ÉTUDES DE BASE

AUSTRALIE*

Économie :

- au départ basée sur les ressources, puis sur la fabrication à partir des années 50;
- faible croissance réelle du PIB depuis les années 70;
- exportations représentant environ 24 % du PIB, principalement des produits de la laine et d'autres produits ruraux (25 % des exportations) et du charbon (15 %);
- balance commerciale actuelle négative et croissante.

Politiques et financement en matière de R-D :

- DIRD 1.2 % du PIB en 1985;
- politique scientifique relativement récente - depuis les années 70;
- nombreuses études et réorganisations, peu d'efforts en matière de politique ou de centralisation;
- rôle important du gouvernement fédéral dans la réalisation (CSIRO) et le financement de la R-D;
- délaissement des ressources de base pour les secteurs à valeur ajoutée.

Industrie des minéraux :

- forte dans le secteur minier, principalement le charbon et aussi les métaux;
- dépendance envers les marchés d'exportation pour la plupart de la production de minéraux bruts;
- le secteur privé appartient à 30-50 % à des intérêts étrangers;
- transformation et fabrication intérieures relativement faibles;
- secteur du charbon peu rentable.

Enseignement :

- tendance à la rationalisation et à la consolidation de l'enseignement dans le secteur minier.

R-D sur les minéraux :

- la R-D intra-muros par le gouvernement se maintient dans les secteurs de l'exploration et de l'exploitation du charbon, est à la baisse dans le secteur minier en général, est à la hausse dans les secteurs de la métallurgie et des matériaux;
- l'industrie reçoit très peu d'aide financière à la R-D de la part du gouvernement;
- les dépenses de R-D de l'industrie sont à la baisse dans le secteur des métaux et à la hausse dans le secteur des minéraux non métalliques;
- l'industrie concentre ses efforts sur le fer et l'acier, et en consacre peu aux métaux non ferreux;
- la R-D industrielle conjointe porte fruit dans le secteur de l'exploitation minière de ressources autres que le charbon (AMIRA) et dans le secteur du charbon (ACIRL).

---

* M. Wojciechowski, "R&D Trends in the Mineral Sector in Australia", Étude de base préparée pour le présent rapport, Centre for Resource Studies, Kingston, décembre 1988

FINLANDE*

Économie :

- croissance du PIB élevée de 1975 à 1985, à la baisse en 1986;
- basée principalement sur les produits forestiers et les produits métalliques;
- fortement orientée vers les exportations : environ 30 % du PIB;
- dépendance à l'endroit des importations pour la presque totalité des besoins énergétiques et des minerais et concentrés métalliques.

Politiques de R-D :

- forte centralisation;
- DIRD 1,68 % du PIB de 1987, à la hausse;
- accent sur les applications;
- délaissement des ressources primaires; accent sur la fabrication et la technologie;
- forte collaboration entre les universités, l'industrie et le gouvernement.

Industrie des minéraux :

- dominée par deux sociétés d'État dans le secteur des métaux et une société d'État dans le secteur des minéraux industriels;
- l'industrie minière des métaux se trouve dans le dernier stade du déclin;
- les industries de la transformation et de la finition sont fortes.

Enseignement :

- sciences de la terre – contingentement et rationalisation des inscriptions;
- génie minier – diversification dans le secteur géotechnique et la construction souterraine;
- l'enseignement de la métallurgie physique est poussé.

R-D sur les minéraux :

- à la baisse dans les secteurs de l'exploration et de l'exploitation minière;
- en métallurgie extractive, l'accent est mis sur les économies d'énergie;
- en métallurgie physique, l'accent est mis sur les conditions extrêmes.

---

* M. Wojciechowski, "R&D Trends in the Mineral Sector in Finland". Étude de base préparée pour le présent rapport, Centre for Resource Studies, Kingston, décembre 1988

FRANCE*

Économie :

- depuis la fin des années 70, dominée par le secteur des services, suivie par le secteur de la fabrication;
- rôle minime du secteur des minéraux;
- une grande partie de l'économie et du secteur des finances est nationalisée;
- moyennement orientée vers les exportations (environ 24 % du PIB);
- dépendance envers les importations pour les minéraux bruts;
- accent mis sur l'énergie nucléaire.

Politiques de R-D :

- très centralisées, organisées, orientées vers des projets, compartimentées, isolées d'un secteur à l'autre;
- DIRD environ 2,2 % du PIB (1985);
- contribution de l'État, environ 60 %;
- défense, 30 % de la R-D;

Industrie minière :

- en grande partie propriété de l'État, surtout le charbon;
- l'exploitation minière des métaux en est au dernier stade du déclin;
- importants holdings étrangers dans le secteur des minéraux;
- secteur des métaux de première transformation affaibli par les coûts énergétiques et environnementaux élevés.

Enseignement :

- forte tradition en génie minier, moins en sciences de la Terre;
- possibilité imminente de rationalisation, de diversification;
- l'isolement des écoles des mines par rapport aux autres institutions d'enseignement rend la diversification difficile.

R-D sur les minéraux :

- très peu d'aide de l'État, même dans le secteur de l'énergie, part de l'État dans les DIRD seulement 7 %;
- isolement de la R-D universitaire et industrielle, fondamentale et appliquée;
- l'industrie concentre la R-D sur les métaux de première transformation (1,5 %);
- les dépenses de R-D de l'industrie sont les plus élevées dans le secteur du charbon, mais cela comprend la R-D sur l'utilisation du charbon.

---

* M. Wojciechowski, "R&D Trends in the Mineral Sector in France", Étude de base préparée pour le présent rapport, Centre for Resource Studies, Kingston, décembre 1988

RÉPUBLIQUE FÉDÉRALE D'ALLEMAGNE*

Économie :

- faible croissance du PIB dans les années 80;
- basée sur la fabrication;
- très faible dépendance à l'endroit des industries des ressources de base;
- fortement orientée vers les exportations : environ 30 % du PIB;
- dépendance à l'endroit des importations pour les minéraux bruts et certaines formes brutes d'énergie;
- accent mis sur l'énergie nucléaire.

Politiques de R–D :

- rôle important des gouvernements des États et du gouvernement fédéral;
- DIRD 2,8 % du PIB;
- rôle important des organismes de recherche mixtes gouvernement/secteur privé;
- accent mis sur la R–D universitaire et la R–D fondamentale;
- très bonne communication gouvernement–industrie–universités.

Industrie des minéraux :

- propriété privée sauf dans le secteur de l'aluminium et de certains charbonnages;
- l'exploitation minière des métaux en est au dernier stade du déclin;
- dominée par l'exploitation du charbon;
- secteur de la métallurgie touché par des coûts énergétiques et environnementaux élevés.

Enseignement :

- forte tradition en génie minier et en métallurgie;
- financement et inscriptions soutenus.

R–D sur les minéraux :

- déclin de la R–D dans le secteur de l'exploitation minière et de l'exploration;
- secteur minier concentré sur le charbon;
- proportion élevée de R–D minière effectuée dans des institutions mixtes (30 % contre 2 % pour toute l'industrie);
- diminution de l'aide à la R–D sur les métaux de première transformation;
- aide accrue à la R–D sur les matériaux.

---

* M. Wojciechowski, "R&D Trends in the Mineral Sector in Germany", Étude de base préparée pour le présent rapport, Centre for Resource Studies, Kingston, décembre 1988

SUÈDE*

Économie :

- croissance réelle du PIB d'environ 9 % de 1980 à 1985, à la baisse par rapport au taux d'augmentation du milieu des années 70;
- économie touchée par la hausse des coûts à la fin des années 70 et au début des années 80, particulièrement les coûts de l'énergie et de la main-d'oeuvre;
- dépendance à l'endroit des exportations (30 % du PIB), principalement la machinerie et les autres produits métalliques manufacturés;
- dépendance à l'endroit des importations pour les minéraux énergétiques et certains minerais métalliques;
- faible taux de chômage.

Politiques de R-D :

- effort de R-D motivé par la dépendance envers les exportations de produits à valeur ajoutée élevée;
- forte orientation vers la R-D fondamentale, aide croissante aux domaines appliqués;
- rôle de premier plan du gouvernement dans l'identification des cibles;
- forte tendance à la R-D coopérative;
- rôle de chef de file de l'industrie en matière de financement et de réalisation de la R-D;
- DIRD 2,5 % du PIB de 1985.

Industrie des minéraux :

- dominée par le fer et l'acier, en grande partie propriété de l'État;
- secteur des métaux non ferreux concentré, propriété privée;
- les mines de fer seront épuisées dans quelques décennies; le secteur des métaux non ferreux est à la recherche de gisements suédois pour continuer à fonctionner;
- les secteurs des alliages et des aciers spéciaux sont importants dans un marché fortement concurrentiel;
- dépenses d'exploration à la baisse.

Enseignement :

- accent mis sur la R-D dans le secteur de l'enseignement supérieur;
- une seule école des mines à Lulea;
- nombre de diplômés en sciences de la Terre à la hausse;
- secteur de la métallurgie fort.

---

* M. Wojciechowski, "R&D Trends in the Mineral Sector in Sweden", Étude de base préparée pour le présent rapport, Centre for Resource Studies, Kingston, décembre 1988

R–D dans le secteur des minéraux :

- effort de R–D motivé par la dépendance envers les exportations dans le secteur de la machinerie; concentré dans les domaines à valeur ajoutée élevée;
- accent mis sur le financement et l'exécution mixtes de la recherche;
- bonne communication entre le gouvernement, les sociétés de minéraux et d'équipement et les universités;
- l'intensité de la R–D dans le secteur minier se maintient à environ 1 % des ventes;
- l'intensité de la R–D dans le secteur des métaux ferreux est à la baisse, de 1,8 % à 0,8 % entre 1979 et 1985;
- l'intensité de la R–D dans le secteur des métaux non ferreux est faible et à la baisse, soit 0,4 % en 1985;
- l'intensité de la R–D dans le secteur des produits métalliques est à la hausse, soit 1,7 % en 1985.

ROYAUME-UNI*

Économie :

- croissance du PIB dans les années 80 due principalement au pétrole et au gaz;
- chômage élevé – 11,5 % en 1985;
- ressources très peu nombreuses, contribution du secteur des services au PIB presque deux fois supérieure à celle du secteur de la fabrication.

Politiques de R-D :

- très fragmentées, politiques gouvernementales peu vigoureuses;
- dominées par la défense;
- contribution gouvernement/industrie environ 40/60;
- performance de la R-D caractérisée par l'isolement relatif des secteurs et des institutions;
- aide gouvernementale à la R-D civile à la baisse (tant dans les universités que dans l'industrie).

Industrie des minéraux :

- dominée par les charbonnages d'État;
- mines de métaux dans les derniers stades du déclin;
- besoin de modernisation et de rationalisation dans les secteurs de l'acier et du charbon;
- l'industrie du pétrole et du gaz est forte, mais a commencé à décliner et est aux prises avec l'épuisement des ressources.

Enseignement :

- le programme de rationalisation prévoit des coupures importantes dans les sciences de la Terre;
- les inscriptions en génie minier ont augmenté en 1985 et diminuent depuis;
- les départements de génie minier pourraient faire l'objet d'une rationalisation.

R-D sur les minéraux :

- peu de données sur les dépenses de R-D;
- très peu de R-D sur l'exploitation minière des métaux;
- R-D sur les métaux ferreux à la hausse depuis 1985. R-D sur les métaux non ferreux à la baisse;
- R-D sur l'exploitation minière du charbon à la baisse.

---

* M. Wojciechowski, "R&D Trends in the Mineral Sector in the United Kingdom", Étude de base préparée pour le présent rapport, Centre for Resource Studies, Kingston, décembre 1988

ÉTATS-UNIS*

Économie :

- la croissance réelle du PIB a fluctué dans les années 80, a chuté en 1982, a grimpé fortement en 1984, a augmenté de 5,5 % entre 1980 et 1985;
- basée sur la fabrication;
- secteurs des ressources négligeables;
- non orientée vers les exportations, mais balance commerciale négative croissante;
- dépendance envers les importations pour la plupart des minéraux métalliques et une partie du pétrole.

Politiques de R-D :

- dominées par la R-D en matière de défense;
- contribution gouvernement/industrie environ 50/50;
- peu de leadership central dans l'ensemble;
- important leadership fédéral en matière de défense, de santé et d'énergie.

Industrie des minéraux :

- appartient à des intérêts privés;
- dominée par le charbon;
- secteur des mines de métaux à la baisse;
- secteur des métaux non ferreux à la baisse; secteur des métaux ferreux se maintient après un déclin;
- coûts élevés en matière d'environnement et de réglementation.

Enseignement :

- programmes limités en génie minier et en métallurgie extractive;
- nombre de diplômés en génie minier toujours à la baisse dans les années 80; diplômés en métallurgie à la hausse au début des années 80.

R-D sur les minéraux :

- données de R-D difficiles à trouver, notamment en génie minier;
- aide fédérale apparemment très faible et à la baisse en génie minier;
- faible intensité de la R-D industrielle dans le secteur des minéraux.

---

* M. Wojciechowski, "R&D Trends in the Mineral Sector in the United States", Étude de base préparée pour le présent rapport, Centre for Resource Studies, Kingston, décembre 1988

ANNEXE B

INDICES DE PRIX, TAUX DE CHANGE ET CLASSIFICATION TYPE DES INDUSTRIES DU SECTEUR DES MINÉRAUX AU CANADA

Tableau B.1 Classification des industries du secteur minier, de première transformation des métaux et des produits minéraux non métalliques selon la Classification type des industries (CTI) de 1980

06	Mines
061	Mines de métaux
062	Mines de minerais non métalliques (sauf le charbon)
063	Mines de charbon
08	Industries des carrières et sablières
081	Carrières
082	Sablières et gravières
29	Industries de première transformation des métaux
291	Industries sidérurgiques
292	Industrie des tubes et tuyaux d'acier
294	Fonderies de fer
295	Industries de la fonte et de l'affinage des métaux non ferreux
296	Industrie du laminage, du moulage et de l'extrusion de l'aluminium
297	Industrie du laminage, du moulage et de l'extrusion du cuivre et de ses alliages
299	Autres industries du laminage, du moulage et de l'extrusion de métaux non ferreux
35	Industries des produits minéraux non métalliques
351	Industries des produits en argile
352	Industrie du ciment
354	Industries des produits en béton
355	Industrie du béton préparé
356	Industries du verre et d'articles en verre
357	Industrie des abrasifs
358	Industrie de la chaux
359	Autres industries de produits minéraux non métalliques

Source : Statistique Canada, 12-501

Tableau B.2 PIB/PNB. déflateurs de prix synthétiques. 1975–1988 (1981 = 100)

Année	Canada PIB	Australie PIB	Allemagne de l'Ouest PNB	Suède PIB	France PIB	États-Unis PNB	Royaume-Uni PIB	Finlande PIB
1975	60.6	56.2	78.7	55.9	55.3	63.1	45.1	56.8
1976	65.8	63.9	81.5	62.6	60.7	67.2	51.7	64.0
1977	69.9	69.8	84.6	69.1	66.4	71.6	58.8	70.5
1978	74.2	74.9	88.2	75.7	73.2	76.9	65.4	75.9
1979	81.6	81.9	91.7	81.7	80.6	83.7	74.9	82.2
1980	90.3	91.4	96.2	91.3	89.8	91.2	89.7	89.8
1981	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1982	108.9	110.9	104.4	108.6	111.7	106.5	107.7	109.1
1983	114.3	120.6	107.8	119.2	122.6	110.6	113.2	118.6
1984	118.4	129.2	109.9	128.3	131.7	114.9	117.8	129.2
1985	122.4	136.9	112.3	137.2	139.3	118.7	124.8	137.0
1986	125.8	147.0	115.8	146.9	145.8	121.8	129.6	143.5
1987	129.2	165.7	118.2	154.5	150.4	125.1	135.4	
1988	132.6[a]							

Source : Fonds monétaire international. *Statistiques financières internationales*. 1987 et septembre 1988; et Banque du Canada. Revue.
[a] Premier trimestre 1988.

Tableau B.3 Taux de change[a]. diverses années (en monnaies nationales par dollar US)

Année	Canada	Australie	Allemagne de l'Ouest	Suède	France	Royaume-Uni	Finlande
1975	0.0172	0.7632	2.4603	4.1522	4.2862	0.4501	3.6787
1979	1.1714	0.8945	1.8329	4.2871	4.2544	0.4713	3.8953
1980	1.1692	0.8776	1.8177	4.2296	4.2256	0.4299	3.7301
1981	1.1989	0.8701	2.2600	5.0634	5.4346	0.4931	4.3153
1982	1.2337	0.9829	2.4266	6.2826	6.5721	0.5713	4.8204
1983	1.2324	1.1082	2.5533	7.6671	7.6213	0.6592	5.5701
1984	1.2951	1.1369	2.8459	8.2718	8.7391	0.7483	6.0100
1985	1.3655	1.4269	2.9440	8.6039	8.9852	0.7714	6.1979
1986	1.3895	1.4905	2.1715	7.1236	6.9261	0.6817	5.0695
1987	1.3260	1.4267	1.7974	6.3404	6.0107	0.6102	4.3956

Source : Fonds monétaire international. *Statistiques financières internationales*. 1988
[a] Les taux sont les taux de change moyens du marché pour la période

Tableau B.4 Comparaison d'indices de prix canadiens, 1981–1987 (1981 = 100)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Indice des prix à la consommation							
IPC total	100	110	117	122	127	132	138
IPC biens durables	100	105	110	113	117	123	127
IPC services	100	113	120	125	130	136	143
Indice des prix des matières brutes							
Total sauf charbon, pétrole et gaz	100	97	99	103	100	104	109
Charbon, pétrole et gaz	100	120	129	131	137	87	94
Indice des prix des matières brutes minérales							
Total	100	113	120	122	126	90	97
Sauf charbon, pétrole et gaz	100	93	97	98	95	98	107
Matières métalliques							
Concentrés de cuivre	100	88	92	81	87	90	106
Minerai de fer	100	104	105	110	114	116	111
Concentrés de plomb	100	71	58	73	57	68	106
Concentrés de nickel	100	91	85	93	99	87	97
Autres métaux communs, n.i.a.*	100	91	95	105	95	97	104
Métaux précieux	100	83	99	85	77	88	99
Lingots d'or	100	83	98	85	78	91	101
Argent	100	75	111	82	66	60	73
Platine	100	77	100	88	74	119	139
Concentrés radioactifs	100	110	99	95	92	91	89
Concentrés de zinc	100	90	96	118	105	102	108
Matières non métalliques							
Amiante	100	101	111	110	108	108	108
Autres matières non métalliques, n.i.a.*	100	111	110	114	116	118	118
Sable et gravier	100	109	109	108	109	112	117
Sable de silice	100	111	117	115	118	122	123
Pierre	100	113	124	128	134	139	143
pierre de taille brute	100	112	123	128	133	137	141
pierre concassée et broyée	100	115	128	135	143	151	157
autres	100	112	123	128	133	137	141
Soufre	100	113	99	114	167	179	146
Combustibles minéraux							
Charbon thermique	100	110	111	119	120	119	120
Pétrole brut	100	121	130	132	139	80	89
Gaz naturel	100	128	134	132	132	129	125

Source : IPC et IP des matières brutes, *Revue de la Banque du Canada*, septembre 1988, p. S128–9; Statistique Canada, 62–011

* Non indiqué ailleurs

CENTRE FOR RESOURCE STUDIES

Le Centre for Resources Studies (CRS) a été créé en 1973 sous les auspices de l'Université Queen's, du ministère fédéral de l'Énergie, des Mines et des Ressources, et de l'Association minière du Canada, pour réaliser un programme de recherche et de publication portant sur les questions de politique minérale.

Le Centre offre des possibilités de recherche multidisciplinaire dans le cadre d'études sur les ressources dans les universités canadiennes, fournit de l'information fiable sur des questions relatives à la politique des ressources minérales et promeut une communication plus étroite entre le gouvernement, l'industrie et les autres groupes concernés. Le programme de recherche est réalisé autant par le personnel du Centre qu'à forfait par des chercheurs qualifiés, habituellement dans des universités canadiennes. De petites études exploratoires sont aussi financées grâce à un système de subventions à la recherche. Les colloques du CRS regroupent des représentants du gouvernement, de l'industrie, des universités, du monde du travail et d'autres groupes intéressés dans des ateliers sur des questions d'actualité. Par ce programme de recherche et ses colloques, et par les publications qui en découlent, le Centre permet des échanges documentés et une meilleure compréhension des grandes questions.

Le Centre est dirigé par un conseil d'administration qui établit la politique générale et les priorités en matière de recherche. Le conseil est composé de 16 membres nommés par l'Université Queen's, l'Association minière du Canada et le gouvernement fédéral. Le conseil consultatif établit l'orientation du programme de recherche et analyse les questions de politique et autres. Cet organisme est composé de tous les chercheurs associés au Centre ainsi que de membres choisis parmi des organismes tels que les gouvernements, l'industrie, le monde du travail et autres. Un comité consultatif de la recherche aide à l'élaboration de projets et à la sélection de propositions de recherche. Le directeur et le personnel exécutifs sont responsables de mener à bien le mandat du Centre dans les limites de ce cadre de travail.

La plupart des activités du Centre sont financées par deux des commanditaires, EMR et l'AMC. En outre, le Centre accepte des contrats d'autres organismes intéressés par la recherche sur la politique minérale.

Le Centre vous invite à faire des commentaires sur ses publications, à présenter des projets de recherche ou de publication, et à lui faire parvenir vos demandes sur tout aspect de ses activités. Pour plus d'information, s'adresser à :

Centre for Resource Studies
Université Queen's
Kingston (Ontario), Canada K7L 3N6
(613) 545-2553